Environment Canada
Environmental Protection Service

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

ENVIRO
Technical
Information for
Problem
Spills

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

March 1984

Canada

85-0671/

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS MANUALS

Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals provide detailed information on chemical substances. This information is intended to assist the reader in designing countermeasures for spills and to assess their impact on the environment. The manual has been reviewed by the Technical Services Branch, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily signify that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement for use.

CALCIUM OXIDE AND HYDROXIDE

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS

Technical Services Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Ottawa, Ontario

March 1984

© Minister of Supply and Services Canada 1984
Cat. No. En 48-10/3-1984E
ISBN 0-662-13154-1
BEAUREGARD PRESS LIMITED

FOREWORD

The Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals were initiated in 1981 to provide comprehensive information on chemicals that are spilled frequently in Canada. The manuals are intended to be used by spill specialists for designing countermeasures for spills and to assess their effects on the environment. The major focus of EnviroTIPS manuals is environmental. The manuals are not intended to be used by first-response personnel because of the length and technical content; a number of manuals intended for first-response use are available. The information presented in this manual was largely obtained from literature review. Efforts were made, both in compilation and in review, to ensure that the information is as correct as possible. Publication of these data does not signify that they are recommended by the Government of Canada, nor by any other group.

ACKNOWLEDGEMENTS

The final version of this manual was prepared by the staff of the Environmental Protection Service who rewrote the text, drafted illustrations and incorporated all comments and additions.

The draft of this manual was prepared under contract with Environment Canada by M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation, and Waterloo Engineering Limited. The level of detail present was made possible by the many individuals, organizations and associations who provided technical data and comments throughout the compilation and subsequent review.

TABLE OF CONTENTS

		Page
FOREWORD		i
ACKNOWLEDGEMENTS		i
LIST OF FIGURES		vi
LIST OF TABLES		vii
1	SUMMARY	1
2	PHYSICAL AND CHEMICAL DATA	5
3	COMMERCE AND PRODUCTION	8
3.1	Grades, Purities	8
3.1.1	Calcium Oxide	8
3.1.2	Calcium Hydroxide	8
3.2	Domestic Manufacturers	8
3.3	Major Transportation Routes	9
3.4	Production Levels	9
3.5	Manufacture of Calcium Oxide/Hydroxide	10
3.5.1	General	10
3.5.2	Manufacturing Process	10
3.6	Major Uses in Canada	10
3.7	Major Buyers in Canada	11
4	MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY	13
4.1	Containers and Transportation Vessels	13
4.1.1	Bulk Shipment	13
4.1.2	Packaging	13
4.2	Compatibility with Materials of Construction	13
5	CONTAMINANT TRANSPORT	18
5.1	General Summary	18
5.2	Leak Nomograms	18
5.3	Dispersion in the Air	18
5.4	Behaviour in Water	18
5.4.1	Introduction	18
5.4.2	Nomograms	19
5.4.2.1	Figure 2: Particle diameter versus terminal fall velocity	19
5.4.2.2	Figure 3: Settling time versus terminal fall velocity	19
5.4.2.3	Figure 4: Downstream distance versus settling time	19
5.4.3	Sample Calculations	19
5.5	Subsurface Behaviour: Penetration into Soil	23
5.5.1	Mechanisms	23

		Page
5.5.2	Equations Describing Calcium Hydroxide Movement into Soil	23
5.5.3	Saturated Hydraulic Conductivity of Calcium Hydroxide in Soil	23
5.5.4	Soils	25
5.5.5	Penetration Nomograms	25
5.5.6	Sample Calculation	26
6	ENVIRONMENTAL DATA	31
6.1	Suggested or Regulated Limits	31
6.1.1	Water	31
6.1.2	Air	31
6.1.2.1	Canada	31
6.2	Aquatic Toxicity	31
6.2.1	U.S. Toxicity Rating	31
6.2.2	Measured Toxicities	31
6.2.2.1	Freshwater toxicity	31
6.3	Effect Studies	32
6.4	Degradation	32
6.5	Long-term Fate and Effects	32
7	HUMAN HEALTH	33
7.1	Recommended Exposure Limits	33
7.2	Irritation Data	34
7.2.1	Skin Contact	34
7.2.2	Eye Contact	35
7.3	Threshold Perception Properties	35
7.3.1	Odour	35
7.3.2	Taste	36
7.4	Long-term Studies	36
7.4.1	Inhalation	36
7.4.2	Ingestion	37
7.5	Symptoms of Exposure	37
7.5.1	Inhalation	38
7.5.2	Ingestion	38
7.5.3	Skin Contact	39
7.5.4	Eye Contact	39
8	CHEMICAL COMPATIBILITY	40
8.1	Compatibility of Calcium Oxide with Other Chemicals and Chemical Groups	40
8.2	Compatibility of Calcium Hydroxide with Other Chemicals and Chemical Groups	41

		Page
9	COUNTERMEASURES	
9.1	Recommended Handling Procedures	42
9.1.1	Fire Concerns	42
9.1.2	Fire Extinguishing Agents	42
9.1.3	Spill Actions	42
9.1.3.1	General	42
9.1.3.2	Spills on land	42
9.1.3.3	Spills on water	42
9.1.4	Cleanup and Treatment	43
9.1.4.1	General	43
9.1.5	Disposal	43
9.1.6	Protective Measures	43
9.1.7	Special Precautions	43
10	PREVIOUS SPILL EXPERIENCE	45
11	ANALYTICAL METHODS	46
11.1	Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Air	47
11.1.1	Atomic Absorption	47
11.2	Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Air	47
11.3	Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Water	48
11.3.1	Atomic Absorption Spectroscopy	48
11.4	Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Water	48
11.5	Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Soil	48
11.5.1	Colourimetric	48
11.6	Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Soil	48
12	REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY	49
12.1	References	50
12.2	Bibliography	50
		53

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	COVERED HOPPER CARS - AAR CLASS LO	14
2	PARTICLE DIAMETER vs TERMINAL FALL VELOCITY	20
3	SETTLING TIME vs TERMINAL FALL VELOCITY	21
4	DOWNSTREAM DISTANCE vs SETTLING TIME	22
5	SCHEMATIC SOIL TRANSPORT	24
6	FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE	27
7	PENETRATION IN COARSE SAND	28
8	PENETRATION IN SILTY SAND	29
9	PENETRATION IN CLAY TILL	30

LIST OF TABLES

Table		Page
1	CONVERSION NOMOGRAMS	7
2	TYPICAL RAILWAY HOPPER CAR SPECIFICATIONS - AAR CLASS LO	15
3	COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION	16
4	MATERIALS OF CONSTRUCTION	17

1 SUMMARY

CALCIUM OXIDE (CaO)

White to grey solid with no odour

SYNONYMS

Lime, Quicklime, Unslaked Lime, Calx, High Calcium Lime, Calcia

IDENTIFICATION NUMBERS

UN No. 1910; CAS No. 1305-78-8; OHM-TADS No. 7217370; STCC No. No number required

GRADES & PURITIES

Technical grade, 94.5 to 96.8 percent

Agricultural and construction grades

IMMEDIATE CONCERNS

Fire: Not combustible

Human Health: Corrosive by all routes at elevated exposure levels

Environment: Harmful to aquatic life if pH raised significantly

PHYSICAL PROPERTY DATA

State (15°C, 1 atm): solid
Melting Point: 2,580°C
Flammability: not flammable
Specific Gravity (water=1): 3.25 to 3.38 (20°C)
Solubility (in water): 0.12 g/100 g (0°C)
Behaviour (in water): sinks, reacts violenty, evolving heat
Behaviour (in air): reacts with moisture and CO_2
Odour Threshold: odourless

ENVIRONMENTAL CONCERNS

Aquatic toxicity is a function of alkalinity. Calcium oxide has shown no food chain concentration or bioaccumulation toxicity potential.

HUMAN HEALTH

TLV•: 2 mg/m^3 (dust)
IDLH: 250 mg/m^3

Exposure Effects

Inhalation: Inhalation of dust may cause coughing, sneezing, difficult breathing, and inflammation of respiratory passages

Contact: Caustic irritant to eyes and skin. Causes smarting of skin and first degree burns on short exposure and secondary burns on long exposure. Contact to eyes causes pain, burns, watering. Prolonged exposure may result in ulceration, perforation and blindness

IMMEDIATE ACTION

Spill Control

Restrict access to spill site. Issue warning: "CORROSIVE". Call fire department and notify supplier. Stop the discharge and contain spill, if safe to do so. Avoid contact with solid. Keep contaminated water from entering sewers or watercourses.

Fire Control

Not combustible. Use water in flooding amounts only; foam; dry chemical; halon extinguishing agents; or carbon dioxide to extinguish fires in which calcium oxide is involved.

COUNTERMEASURES

Emergency Control Procedures in/on

Soil: Construct barriers to contain spill. Remove material by manual or mechanical means. Shovel into containers with covers

Water: Contain by damming, water diversion, or natural barriers

NFPA
HAZARD
CLASSIFICATION

CALCIUM HYDROXIDE ($Ca(OH)_2$)

Crystals or soft, white powder with no odour

SYNONYMS

Hydrated Lime, High Calcium Hydrated Lime, Caustic Lime, Calcium Hydrate, Slaked Lime, Lime Water

IDENTIFICATION NUMBERS

UN. No. NA9098; CAS No. 1305-62-0; OHM-TADS No. 7216628; STCC No. No number required

GRADES & PURITIES

Technical, 73.7 percent CaO

Agricultural, 65 to 71 percent CaO

Chemical, 71 to 73 percent CaO

IMMEDIATE CONCERNS

Fire: Not combustible. Material can decompose to produce calcium oxide

Human Health: Mildly corrosive by all routes

Environment: Harmful to aquatic life

PHYSICAL PROPERTY DATA

State (15°C, 1 atm): solid
Melting Point: decomposes at 580°C
Flammability: not flammable
Specific Gravity (water=1): 2.24 (20°C)
Solubility (in water): 0.17 g/100 g (0°C)
Behaviour (in water): sinks, no reaction
Behaviour (in air): absorbs carbon dioxide
Odour Threshold: odourless

ENVIRONMENTAL CONCERNS

Aquatic toxicity is a function of alkalinity. Calcium hydroxide has shown no food chain concentration or bioaccumulation toxicity potential.

HUMAN HEALTH

TLV•: 5 mg/m^3 (dust)
IDLH: no value established

Exposure Effects

Inhalation: Inhalation of dust or mist is irritating and damaging to mucous membranes of the upper respiratory tract. Causes difficult breathing, coughing and sneezing

Contact: In the presence of moisture, contact to human tissue is irritating and damaging; excessive skin contact can produce dermatitis. Eye contact causes irritation, burning sensation and possible injury

IMMEDIATE ACTION

Spill Control

Restrict access to spill site. Call fire department and notify supplier. Stop the discharge and contain spill, if safe to do so. Avoid contact with solid. Keep contaminated water from entering sewers or watercourses.

Fire Control

Not combustible. In fire involving calcium hydroxide, water, foam, dry chemical or carbon dioxide may be used.

COUNTERMEASURES

Emergency Control Procedures in/on

Soil: Construct barriers to contain spill. Remove material by manual or mechanical means. Absorb residual liquid with natural or synthetic sorbents. Shovel into containers with covers

Water: Contain by damming, water diversion, or natural barriers. Dredge or vacuum pump to remove contaminants, liquids, and contaminated bottom sediments

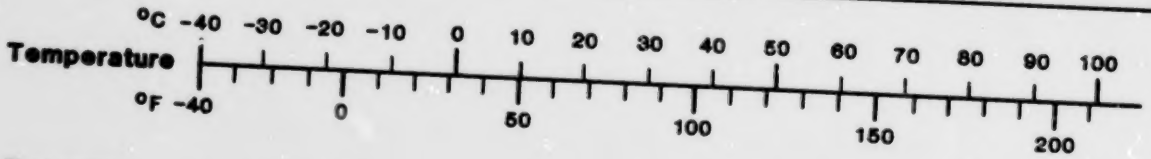
2 PHYSICAL AND CHEMICAL DATA

	Calcium Oxide	Calcium Hydroxide
Physical State Properties		
Appearance	White solid (Patty 1981)	Colourless to white crystalline solid (Patty 1981)
Physical state at 15°C, 1 atm	Solid	Solid
Melting point	2,580°C (CRC 1980)	580°C (-H_2O) (CRC 1980)
Boiling point	2,850°C (CRC 1980)	Decomposes before boiling (CRC 1980)
Decomposition temperature		580°C (Domtar MSDS 1980)
Densities		
Bulk density	960 kg/m^3 (Domtar PDS 1980a)	350 kg/m^3 (Domtar PDS 1980b)
Specific gravity	3.25 to 3.38 (20°C) (CRC 1980)	2.24 (20°C) (CRC 1980)
Fire Properties		
Flammability	Noncombustible but contact with water or moisture may generate sufficient heat to ignite combustible materials (NFPA 1978)	Noncombustible (NFPA 1978) Loses water when heated, forming calcium oxide (Merck 1976)
Decomposition temperature		580°C (Domtar MSDS 1980)
Decomposition products		Calcium oxide and water (Domtar MSDS 1980)
Other Properties		
Molecular weight of pure substance	56.08 (CRC 1980)	74.09 (CRC 1980)

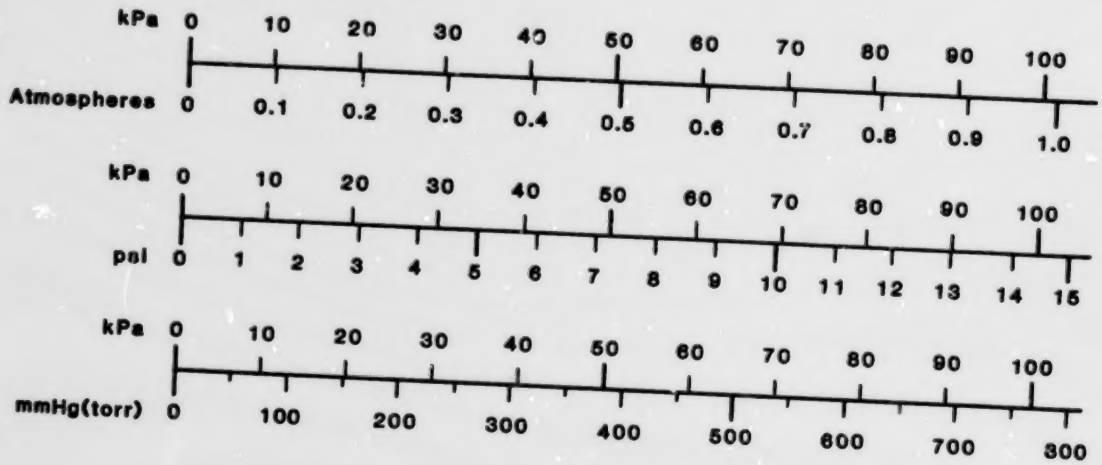
	Calcium Oxide	Calcium Hydroxide
Constituent components of typical commercial grade	94.5% CaO 0.8% MgO 2.5% SiO_2 (Domtar PDS 1980a)	73.7% CaO 0.7% MgO 1.5% SiO_2 (Domtar PDS 1980b)
Refractive index	1.838 (CRC 1980)	1.574 (CRC 1980)
Hygroscopicity	Absorbs carbon dioxide and water from air (Merck 1976)	Absorbs carbon dioxide from air (Merck 1976)
Latent heat of fusion	51.2 kJ/mole (at melting point) (CRC 1980) 79.5 KJ/mole (Lange's Handbook 1979)	
Heat of formation	-635.1 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979)	-986.2 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979)
Heat capacity constant pressure (Cp)	42.1 J/mole•°C (25°C) (Lange's Handbook 1979)	87.5 J/mole•°C (25°C) (Lange's Handbook 1979)
pH of aqueous solution	12.5 (sat'd sol'n) (Patty 1981)	12.5 (sat'd sol'n) (Patty 1981)
Solubility		
In water	0.12 g/100 g (0°C) (Domtar MSDS 1981)	0.17 g/100 g (0°C) (Domtar MSDS 1980)
In other common materials	Soluble in acids (CRC 1980)	Soluble in ammonium salts and acids, insoluble in ethanol (CRC 1981)

TABLE 1

CONVERSION NOMOGRAMS



Pressure 1 kPa = 1,000 Pa



Viscosity

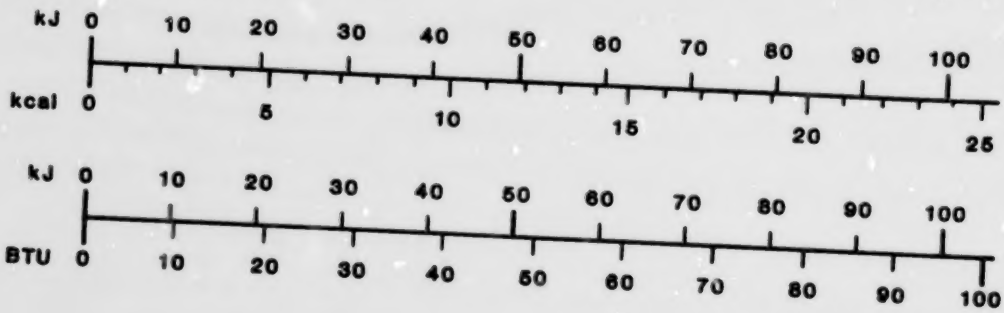
Dynamic 1 Pa·s = 1,000 centipoise (cP)

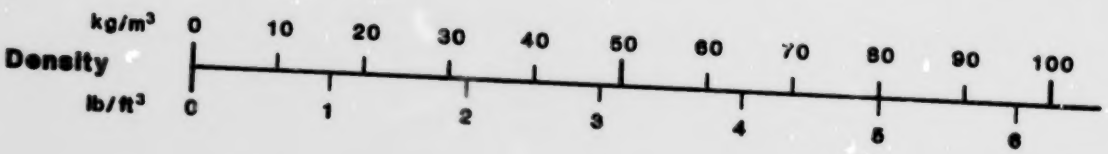
Kinematic 1 m^2/s = 1,000,000 centistokes (cSt)

Concentration (in water)

1 ppm ≅ 1 mg/L

Energy (heat) 1 kJ = 1,000 J





3 COMMERCE AND PRODUCTION

3.1 Grades, Purities

3.1.1 Calcium Oxide (Domtar PDS 1980a; Steel Brothers PDS 1981a). Calcium oxide is a solid, available in agricultural, construction and technical grades. The technical grade has a purity of 94.5 to 96.8 percent.

3.1.2 Calcium Hydroxide (Domtar PDS 1980b; Steel Brothers PDS 1981b). Calcium hydroxide or hydrated lime is a fine, white powder with a purity of 73.7 percent CaO for its technical grade; 65 to 71 percent for its agricultural grade; and 71 to 73 percent for its chemical grade.

3.2 Domestic Manufacturers (CCPA 1981; CBG 1980; Corpus 1981; Scott 1979; CMH 1981; Canadian Lime Institute 1982)

These are corporate headquarters' addresses and are not intended as spill response contacts.

Algoma Steel Corporation Ltd.
503 Queen Street East
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5P2
(705) 495-3853

Allied Chemical Canada Ltd.
201 City Centre Drive
Mississauga, Ontario
L5B 2T4
(416) 276-9211

Beachvilime Ltd.
Subsidiary of DOFASCO
1330 Burlington Street East
P.O. Box 460
Hamilton, Ontario
L8N 3J5
(416) 544-3761

Columbia Lime
535 Thurlew Street
Suite 303
Vancouver, British Columbia
V6E 3L2
(604) 681-7493

Domlime Inc.
Lime Division
475 Place TransCanada
Longueuil, Quebec
J4G 1P4
(514) 282-5400

Domtar Inc.
C.P. 7212, Succ. A
395 Boul. de Maisonneuve O.
Montreal, Quebec
H3C 3M3
(514) 282-5400

Guelph Dolime Ltd.
Subsidiary of DOFASCO
1330 Burlington Street E
Hamilton, Ontario
L8N 3J5
(416) 544-3761

Havelock Processing Ltd.
P.O. Box 59
Havelock, New Brunswick
EOA 1W0
(506) 534-2311

Reiss Lime Company of Canada Limited
4 King Street West
Toronto, Ontario
M5H 1B6
(416) 865-1991

Shawinigan Carbide Inc.
330 Transmission Avenue
Shawinigan, Quebec

Steel Brothers Canada Ltd.
Lime Division
4836 - 6 Street East
Calgary, Alberta
T2E 3Z9
(403) 276-9335

Steel Co. of Canada Ltd.
P.O. Box 205
Toronto Dominion Centre
Toronto, Ontario
M5K 1J4
(416) 362-2161

Steetley Industries Ltd.
Lime Division
4836 - 6 Street East
Calgary, Alberta
T2E 3Z9
(403) 276-9335

Summit Lime Works Ltd.
P.O. Box 700
Lethbridge, Alberta
T1J 3Z6
(403) 329-0743

Texada Lime Ltd.
535 Thurlow Street
Suite 303
Vancouver, British Columbia
V6E 3L2
(604) 681-7493

3.3 Major Transportation Routes

Current Canadian production of calcium oxide/hydroxide is widespread, occurring in six out of ten provinces. Ontario produces 77.8 percent of the total, with the largest facilities located in the Woodstock-Ingersoll area. Other major facilities are located near Montreal, Quebec; near Calgary, Alberta; and near Kamloops, B.C.

3.4 Production Levels (Corpus 1981)

Company, Plant Location	Nameplate Capacity kilotonnes/yr (1980)
Algoma Steel, Sault Ste. Marie, Ontario*	275
Allied Chemical Canada, Amherstburg, Ontario*	135
Beachvilime, Beachville, Ontario*	450
Columbia Lime, Fort Langley, B.C.	65
Domlime, Limebridge, Quebec	125
Domtar, Joliette, Quebec	350
Domtar, Beachville, Ontario	560
Guelph Dolime, Guelph, Ontario	65
Havelock Processing, Havelock, N.B.	30
Reiss Lime Canada, Spragge, Ontario	145
Steel Brothers Canada, Faulkner, Manitoba	100
Steel Brothers Canada, Fort Whyte, Manitoba	90

Company, Plant Location	Nameplate Capacity kilotonnes/yr (1980)
Steel Brothers Canada, Kananaskis, Alberta	150
Steel Brothers Canada, Kamloops, B.C.	100
Steel Co. of Canada, Ingersoll, Ontario*	225
Steetley Industries, Dundas, Ontario	125
Summit Lime Works, Hazell, Alberta	50
TOTAL	3040
Domestic Production (1980)	2201
Imports (1980)	41
TOTAL	2242

*Primarily for captive use.

3.5 Manufacture of Calcium Oxide/Hydroxide (Shreve 1977)

3.5.1 General. Calcium oxide is manufactured by calcining calcium carbonate; calcium hydroxide is formed by the hydration of the resulting calcium oxide.

3.5.2 Manufacturing Process (Lime 1980). The mined or quarried limestone is crushed and screened. To "burn" it to calcium oxide, it is loaded into kilns, generally rotary kilns up to 150 m long and 5 m in diameter, and heated to 1,300°C. Calcium oxide is formed by the following reaction:

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

The calcium oxide is cooled and crushed to the desired size. It may then be hydrated to form calcium hydroxide, a reaction which is described by the following:

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

The calcium hydroxide is clarified in air separators and then packaged.

3.6 Major Uses in Canada (Domtar PDS 1980a, b; Corpus 1981; CMR 1979)

The largest user of calcium oxide/calcium hydroxide is the iron and steel industry. The materials are also used in the pulp and paper industry; in nonferrous smelters; in sugar refineries; in uranium recovery; in cyanide and flotation mills; for water/sewage treatment; in the manufacture of calcium carbide, soda ash, and calcium chloride; for the stabilization of clay soils in highway construction; and in the manufacture of structural blocks and bricks.

3.7 Major Buyers in Canada (Corpus 1981; CBG 1980)

Abitibi-Price, Smooth Rock Falls, Ont.
Abitibi-Price, Jonquière, Que.
Agnew Lake Mines, Agnew Lake, Ont.
Ahlstrom, Moncton, N.B.
Atlas Steels, Welland, Ont.; Tracy, Que.
B.C. Forest Products, Mackenzie, Crofton, B.C.
B.C. Sugar Refining, Vancouver, B.C.
Bethlehem Copper, Highland Valley, B.C.
Boise Cascade, Ft. Frances, Ont.
Burlington Steel, Hamilton, Ont.
Canadian Cellulose, Prince Rupert, B.C.
Canadian Copper Refiners, Montreal, Que.
Canadian Electrolytic Zinc, Valleyfield, Que.
Canadian Forest Products, Port Mellon, B.C.
Canadian Gypsum, Toronto, Ont.
Canadian Int'l Paper, LaTuque, Que.
Canadian Steel Wheel, Montreal, Que.
Cariboo Pulp & Paper, Quesnel, B.C.
Cominco, Kimberley, B.C.
Consolidated-Bathurst, Bathurst, N.B.
Consolidated-Bathurst, New Richmond, B.C.
Consolidated-Bathurst, Trois-Rivieres, Que.
Consumers Glass, Toronto, Ont.
Crestbrook Industries, Skookumchuk, B.C.
Cyanamid Canada, Niagara Falls, Ont.
Denison Mines, Elliot Lake, Ont.
Dofasco, Hamilton, Ont.
Domglas, Montreal, Que.; Bramalea, Ont.
Domtar, Cornwall, Ont.
Domtar, East Angus, Que.
Domtar, Red Rock, Ont.
Donohue St. Felicien, St. Felicien, Que.
Eddy Forest Products, Espanola, Ont.
Eldorado Nuclear, Beaverlodge, Sask.
Enamel & Heating, Sackville, N.B.
Eurocan Pulp & Paper, Kitimat, B.C.
Falconbridge Nickel, Sudbury, Ont.
Fiberglas Canada, Sarnia, Ont.
Granby Mining, Granisle, B.C.
Granduc, Stewart, B.C.
Great Lakes Forest, Thunder Bay, Dryden, Ont.
Griffin Steel, Transcona, Man.; St. Hyacinthe, Que.
Gulf Minerals, Rabbit Lake, Sask.
Inco, Copper Cliff, Ontario; Thompson, Man.
Interprovincial Pipe, Regina, Sask.
Irving Pulp & Paper, Saint John, N.B.
Ivaco, L'Original, Ont.
Johns-Manville Canada, Innisfail, Alta.
Kimberly-Clark, Terrace Bay, Ont.

Lake Ontario Steel, Whitby, Ont.
Manitoba Forestry Resources, Le Pas, Man.
Manitoba Rolling Mills, Selkirk, Man.
Noranda Mines, Rouyn, Que.
Northwood Pulp, Prince George, B.C.
Opemiska Copper, Chapais, Que.
PPG Industries Canada, Toronto, Ont.
Pilkington Glass, Toronto, Ont.
Pine Point Mines, NWT.
Prince Albert Pulp, Prince Albert, Sask.
Proctor & Gamble Cellulose, Grande Prairie, Alta.
Rayonier Canada, Woodfiber, B.C.
Redpath Sugars, Chatham, Ont.
Rio Algom Mines, Elliot Lake, Ont.
St. Lawrence Sugar, Montreal, Que.
St. Regis Alberta, Hinton, Alta.
Scott Maritimes, New Glasgow, N.S.
Shawinigan Carbide Inc., Shawinigan, Quebec
Shefford Chemicals, Granby, Que.
Sidbec-Dosco, Contrecoeur, Que.
Similkameen Mining, Princeton, B.C.
Tahsis, Gold River, B.C.
Texasgulf Canada, Kidd Creek, Ont.
Western Canada Steel, Vancouver, B.C.
Weyerhaeuser Canada, Kamloops, B.C.
Winfield Chemical, Woodstock, N.B.

4 MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY

4.1 Containers and Transportation Vessels

4.1.1 Bulk Shipment. Calcium oxide and calcium hydroxide are shipped primarily in bulk using covered hopper cars and trucks, or in bags. Typical dimensions and specifications of the hopper cars are given in Figure 1 and Table 2. Commercial hydrated lime is available as a dry powder, while quicklime may be processed to a fine crystalline structure (CLF 1964).

Lime suspensions (calcium hydroxide suspensions) are rarely shipped bulk in railway tank cars, and even less frequently in tank motor vehicles.

4.1.2 Packaging. In addition to bulk shipments, calcium oxide and calcium hydroxide are also transported in bags. Calcium hydroxide is packaged in 20 kg (44 lb.) bags of 2- and 3-ply paper construction; for calcium oxide, 25 kg (55 lb.) bags of like construction are used (CLF 1964).

4.2 Compatibility with Materials of Construction. The compatibility of calcium oxide/hydroxide with materials of construction is indicated in Table 3. The unbracketed abbreviations are derived from Table 4. The rating system for this report is briefly described below.

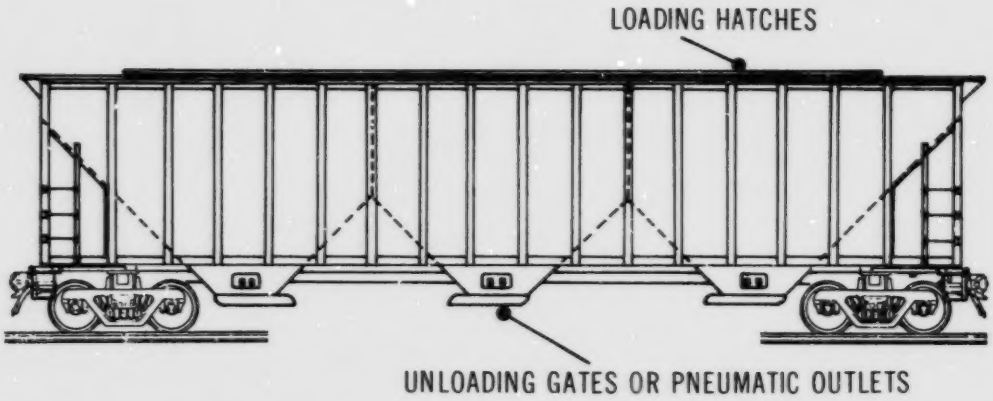
Recommended:	This material will perform satisfactorily in the given application.
Conditional:	Material will show deterioration in the given application; however, it may be suitable for intermittent or short-term service.
Not Recommended:	Material will be severely affected in this application and should not be used.

Figure 1

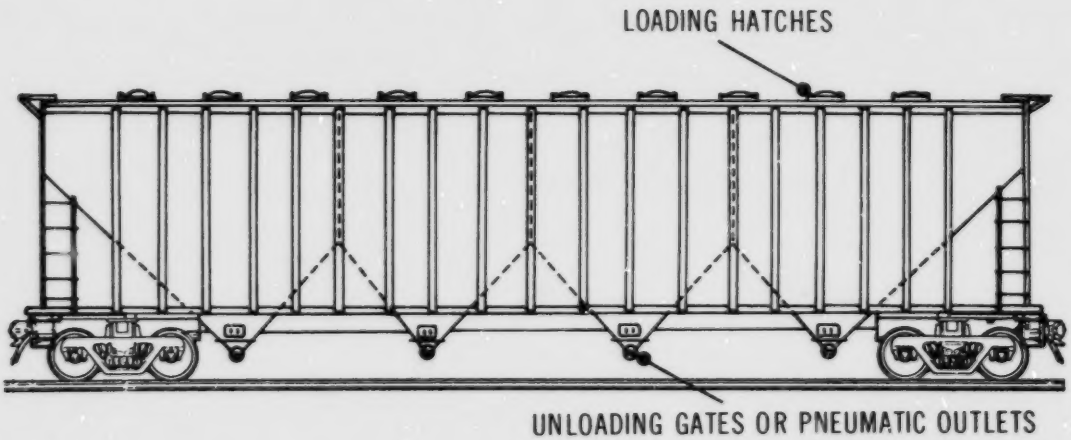
CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

COVERED HOPPER CARS - AAR CLASS LO

(Reference - CLC 1974, AAR 1983)



Typical 3 - Compartment Hopper Car



Typical 4 - Compartment Hopper Car

TABLE 2 TYPICAL RAILWAY HOPPER CAR SPECIFICATIONS - AAR CLASS LO (CLC 1974)

Description	Hopper Car Size	
	5,800 (cu. ft)	4,700 (cu. ft)
Overall		
Nominal capacity	164 m^3 (5,800 cu ft)	133 m^3 (4,700 cu ft)
Weight capacity	89,000 kg (196,000 lb.)	86,000 kg (190,000 lb.)
Car weight - empty	45,000 kg (99,000 lb.)	45,000 kg (99,000 lb.)
Car weight - (max.)	119,000 kg (262,000 lb.)	119,000 kg (262,000 lb.)
Hoppers/Compartments		
Number	4	3
Material	Steel	
Inside length (typical)	410 cm (161 in.)	460 cm (181 in.)
Inside width (typical)	300 cm (118 in.)	300 cm (118 in.)
Spacing between outlets	4 m (13 ft)	5 m (16 ft)
Slope angle	40-45°	40-45°
Approximate Dimensions		
Coupled length	21 m (69 ft)	18 m (59 ft)
Length over strikers	20 m (66 ft)	17 m (56 ft)
Length of truck centers	16 m (52 ft)	14 m (46 ft)
Clearance height	5 m (16 ft)	5 m (16 ft)
Height to top of running board	5 m (16 ft)	4 m (13 ft)
Overall width	3.1 m (10 ft)	3.2 m (10.5 ft)
Inside length	19 m (62 ft)	17 m (56 ft)
Loading/Unloading Fixtures		
Loading Hatches:	Cars typically equipped with 4 to 12 loading hatches. Typical dimensions of these are 36-61 cm (14-24 in.) in diameter or square dimensions.	
Unloading Fixtures:	Equipped with unloading gates at bottom of 36-61 cm (14-24 in.) square or pneumatic unloading connections of 10-20 cm (4-8 in.) in diameter.	

TABLE 3 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
1. Pipes and Fittings	Calcium Hydroxide (Saturated)	121	Chlorinated Polyether (DCRG 1978)		
		107	PP (DCRG 1978)		
		135	PVDF (DCRG 1978)		
		79	PVDC (DCRG 1978)		
	Calcium Oxide	121	PVDF (DCRG 1978)		
		121	Chlorinated Polyether (DCRG 1978)		
		107	PP (DCRG 1978)		
		79	PVDC (DCRG 1978)		
2. Valves	Calcium Hydroxide 10%	20	SS 316 (JSSV 1979)		
	10%	Boiling	SS 316 (JSSV 1979)		
3. Pumps	Calcium Hydroxide Suspensions		Body: All-Iron, Wetted Parts: Stainless Steel		
4. Storage			CS		

TABLE 3 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION (cont'd)

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
5. Others	All	20	SS 316 SS 302 SS 304 SS 410 SS 430 (ASS)		
		Boiling	SS 316 (ASS)		SS 302 SS 304 (ASS)

TABLE 4 MATERIALS OF CONSTRUCTION

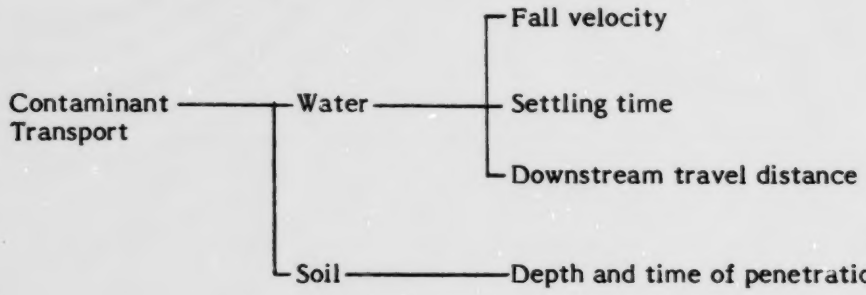
Abbreviation	Material of Construction
CS	Carbon Steel
	Cast Iron, Austenitic
	Chlorinated Polyether
FPM	Fluorine Rubber (Viton)
	Natural Rubber
	Nickel-Copper Alloy (Monel)
PP	Polypropylene
PVDC	Polyvinylidene Chloride (Saran)
PVDF	Polyvinylidene Fluoride (Kynar)
SS (Followed by Grade)	Stainless Steel

5 CONTAMINANT TRANSPORT

5.1 General Summary

Calcium oxide (quicklime) and calcium hydroxide (hydrated lime) are normally shipped and stored as solids. Calcium hydroxide is a fine, white powder which sinks in water. Due to its low solubility in water, it does not present a serious problem for either surface or groundwater contamination. Also, dispersion in air is not a problem.

Factors considered for a calcium hydroxide spill include:



It is important to note that, because of the approximate nature of the contaminant transport calculations, the approach adopted throughout has been to use conservative estimates of critical parameters so that predictions are approaching worst case scenarios for each medium. This may require that the assumptions made for each medium be quite different and, to some extent, inconsistent. As well as producing worst case scenarios, this approach allows comparison of the behaviours of different chemicals under consistent assumptions.

5.2 Leak Nomograms

Calcium oxide and calcium hydroxide are almost always carried as a solids in bulk or in bags. Lime suspensions are rarely shipped in bulk in railway tank cars or tank motor vehicles. Consequently, no leak nomograms have been prepared for this material.

5.3 Dispersion in the Air

Because calcium oxide/hydroxide is nonvolatile in spill circumstances, there is no significant potential for dispersion in the air other than in dust form.

5.4 Behaviour in Water

5.4.1 Introduction. When spilled on a water surface, calcium oxide (CaO) sinks and reacts violently with the water, producing heat and calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$).

Calcium hydroxide (hydrated lime) is a fine white powder which sinks in water. It is only slightly soluble and does not normally represent a serious water pollution hazard.

To estimate the zone of contamination on a river bed resulting from a spill of an insoluble, high density solid on water, the terminal fall velocities (V_t) of the discrete particles have been estimated using a mathematical model (Thibodeaux 1980). The fall velocity of an individual particle is a function of its specific gravity, size, and cross-sectional area, together with the density and viscosity of water. The drag force (tending to resist fall of the particle through water) varies for different flow regimes. Details of the model are outlined in the Introduction Manual.

Based on available data (Domtar PDS 1980b), 96 percent by weight of calcium hydroxide powder is smaller than 0.3 mm in diameter, and 80 percent is less than 0.045 mm. The smallest particles are probably less than 0.005 mm in diameter. These will have very low terminal velocities (<0.001 cm/s) and will tend to remain in suspension indefinitely even with minimal stream turbulence.

5.4.2 Nomograms. The following nomograms are presented to estimate the extent of the downstream zone of contamination on a river bed following a spill of calcium hydroxide:

Figure 2: particle diameter versus terminal fall velocity

Figure 3: settling time versus terminal fall velocity for a range of stream depths

Figure 4: downstream distance versus settling time for a range of average stream velocities

5.4.2.1 Figure 2: Particle diameter versus terminal fall velocity. The terminal fall velocity (V_t) of discrete particles of calcium hydroxide in water can be estimated from Figure 2 for a given equivalent particle diameter, d.

5.4.2.2 Figure 3: Settling time versus terminal fall velocity. For a given particle size with terminal fall velocity (V_t), the time (t) to settle to the bottom of a river of depth (d), neglecting any turbulent mixing effects, can be estimated from Figure 3.

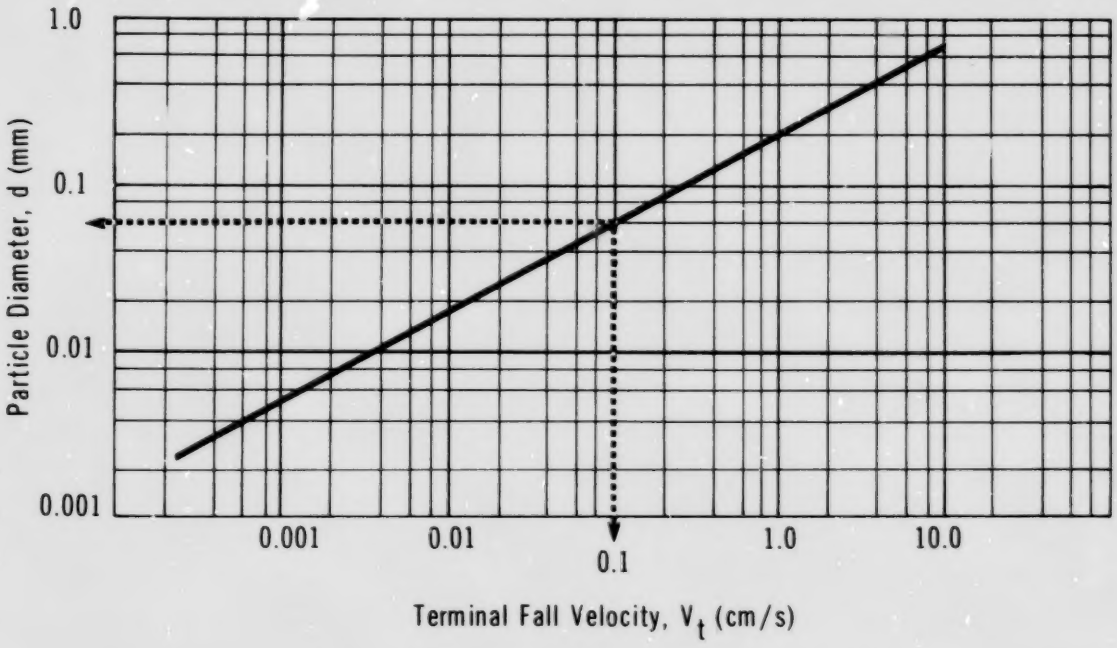
5.4.2.3 Figure 4: Downstream distance versus settling time. Based on the settling time derived from Figure 3, the downstream distance (X) at which the given particle size will reach the river bed can be determined from Figure 4 for a range of average stream velocities.

5.4.3 Sample Calculations. A 20 tonne spill of calcium hydroxide powder has occurred in a river. The stream depth is 5 m and the average stream velocity is 1 m/s.

FIGURE 2

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

PARTICAL DIAMETER VS TERMINAL FALL VELOCITY



How far downstream will a discrete particle 0.06 mm in diameter be carried before reaching the stream bed? Neglect the effect of stream turbulence.

Solution

Step 1: Define terminal fall velocity (V_t)

- Use Figure 2
- With d = 0.06 mm, the terminal fall velocity is 0.1 cm/s

Step 2: Determine time for particle to settle to river bed

- Use Figure 3
- With V_t = 0.1 cm/s, and for a stream depth of 5 m, the settling time is 83 min

Step 3: Determine downstream distance

- Use Figure 4
- With t = 83 min and stream velocity (V) = 1 m/s, the downstream travel distance (X) of a particle 0.06 mm in diameter is 5,000 m (5 km).

FIGURE 3

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

SETTLING TIME VS TERMINAL FALL VELOCITY

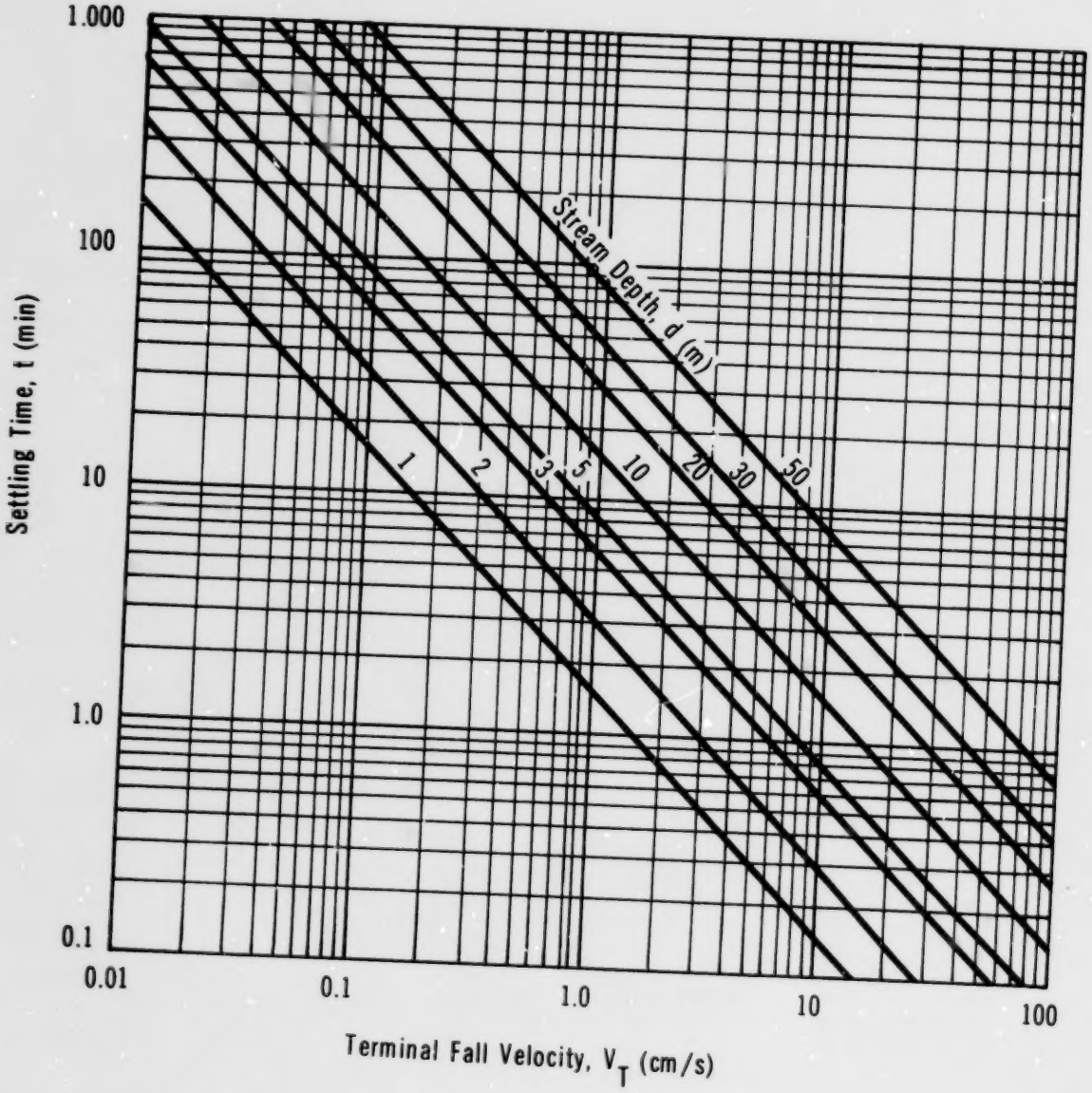
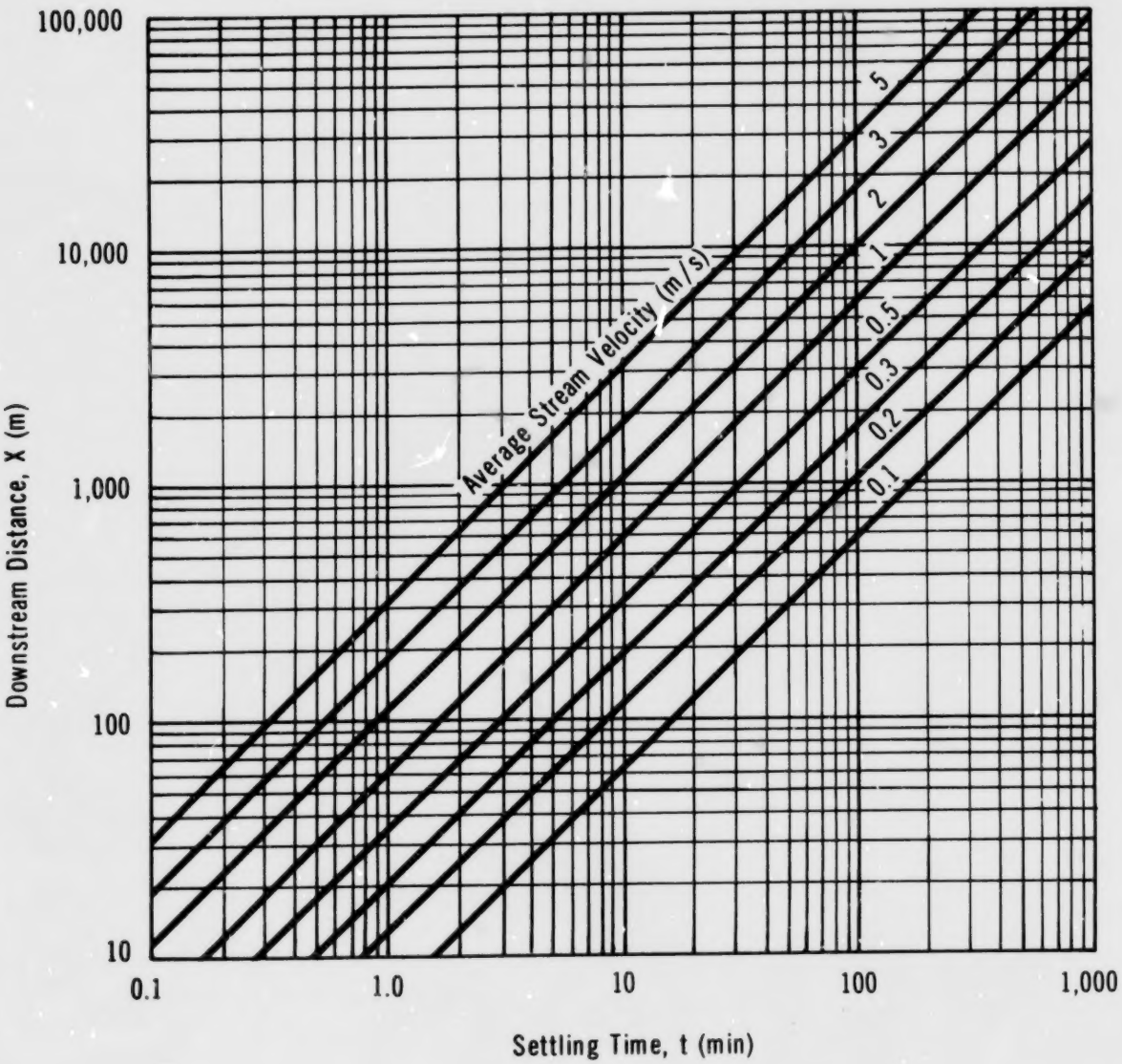


FIGURE 4

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

DOWNSTREAM DISTANCE VS SETTLING TIME



5.5 Subsurface Behaviour: Penetration into Soil

5.5.1 Mechanisms. The principles of contaminant transport in soil and their application to this work are presented in the Introduction Manual. Special considerations related to the spill of calcium oxide/hydroxide onto soil and its transport downward through the soil are presented here.

Calcium oxide (CaO, quicklime) and calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$, hydrated lime) are normally shipped and stored as solids. Consequently, when spilled, only a limited groundwater contamination hazard exists provided that the soil is dry and that no precipitation occurs prior to cleanup.

When mixed with water, CaO reacts to produce $Ca(OH)_2$ and evolves much heat. $Ca(OH)_2$ is slightly soluble in water (0.17 g/100 g at 0°C). As a result, in the presence of water, a contaminant solution will be produced which can infiltrate the soil. Runoff into surface water will occur if the soil surface is saturated.

The situation covered in the work deals with a spill of CaO or $Ca(OH)_2$ and the production of a dilute solution (0.1 percent by weight) of $Ca(OH)_2$ which can infiltrate the soil. The soils have been assumed to be at field capacity. This situation provides very little interstitial water to dilute the chemical during transport or to impede its downward movement. Interactions such as ion exchange in the soil have been neglected. This provides a worst case analysis.

Upon reaching the groundwater table, the contaminant will continue to move, now in the direction of groundwater flow. A contaminated plume will be produced, with diffusion and dispersion serving to reduce the concentration somewhat. This is shown schematically in Figure 5.

5.5.2 Equations Describing Calcium Hydroxide Movement into Soil. The equations and assumptions used to describe contaminant movement in solution downward through the unsaturated soil zone toward the groundwater table have been described in the Introduction Manual. Transport velocities have been based on Darcy's Law assuming saturated piston flow.

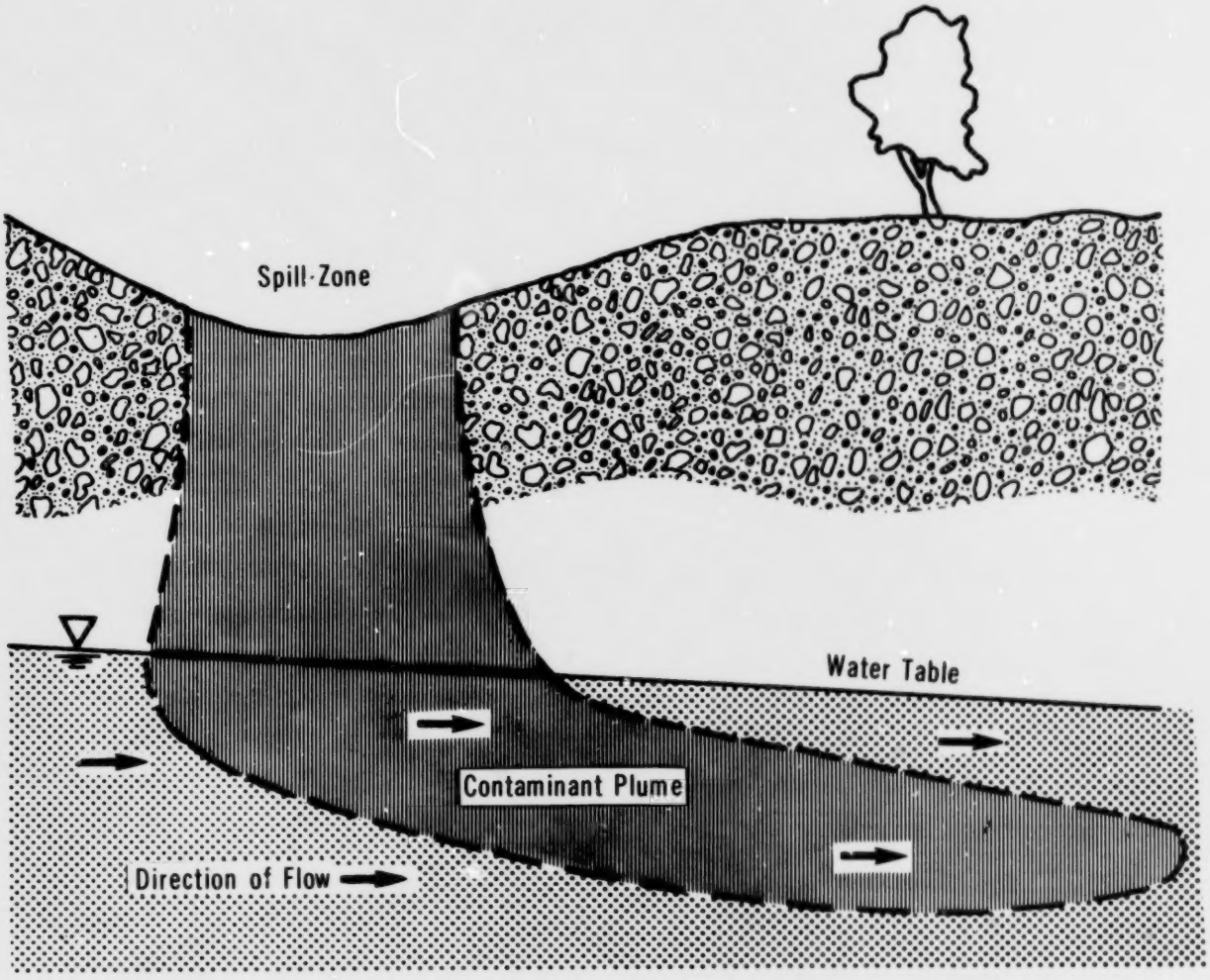
5.5.3 Saturated Hydraulic Conductivity of Calcium Hydroxide in Soil. The saturated hydraulic conductivity (K_o), in m/s, is given by:

$$K_o = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

FIGURE 5

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

SCHEMATIC SOIL TRANSPORT



Soil: Coarse Sand

–Porosity (n) = 0.35

–Intrinsic Permeability (k) = 10^{-9} m^2

–Field Capacity (θ_{fc}) = 0.075

where:

k = intrinsic permeability of the soil (m^2)
ρ = mass density of the fluid (kg/m^3)
μ = absolute viscosity of the fluid (Pa•s)
g = acceleration due to gravity = 9.81 m/s^2

The fluids involved are calcium hydroxide, 0.1 percent by weight, and water. The water calculations represent the extreme as the solution is diluted.

	Calcium Hydroxide (0.1%)		
Property	20°C	4°C	Water 20°C
Mass density (ρ), kg/m^3	998	1,000	998
Absolute viscosity (μ), Pa•s	1.01×10^{-3}	1.57×10^{-3}	1.0×10^{-3}
Saturated hydraulic conductivity (K_o), m/s	$(0.98 \times 10^7)k$	$(0.65 \times 10^7)k$	$(0.98 \times 10^7)k$

Calcium hydroxide (0.1 percent) has essentially the same hydraulic conductivity as water.

5.5.4 Soils. The Introduction Manual describes the three soils selected for this work. Their relevant properties are:

	Soil Type		
Property	Coarse Sand	Silty Sand	Clay Till
Porosity (n), m^3/m^3	0.35	0.45	0.55
Intrinsic permeability (k), m^2	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Field capacity (θ_{fc}), m^3/m^3	0.075	0.3	0.45

5.5.5 Penetration Nomograms. Nomograms for the penetration of calcium hydroxide into the unsaturated zone above the groundwater table were prepared for each soil. They present penetration time (t_p) plotted against depth of penetration (B). Because of the methods and assumptions used, the penetration depth should be considered as a maximum depth in time t_p.

A flow chart for the use of the nomograms is presented in Figure 6. The nomograms are presented as Figures 7, 8, and 9. The water line on the nomograms represents the maximum penetration of water at 20°C in time t_p. It is a limiting condition as the solution becomes diluted with water.

5.5.6 Sample Calculation. A 20 tonne spill of calcium hydroxide has occurred on coarse sand. The temperature is 20°C; the spill radius is 8.6 m. During cleanup, it begins to rain. Calculate the depth of penetration 20 minutes after the spill.

Solution

Step 1: Define parameters

- Mass spilled = 20,000 kg (20 tonnes)
- T = 20°C
- r = 8.6 m

  Soil = coarse sand
- Groundwater table depth (d) = 13 m
- Time since spill (t_p) = 20 min

Step 2: Calculate area of spill

- $A = \pi r^2 = 232\ m^2$

Step 3: Estimate depth of penetration (B) at time (t_p)

- For coarse sand at t_p = 20 min, 0.1 percent $Ca(OH)_2$, from Figure 7, B = 11.9 m
- Groundwater table has not been reached in this time

FIGURE 6

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE

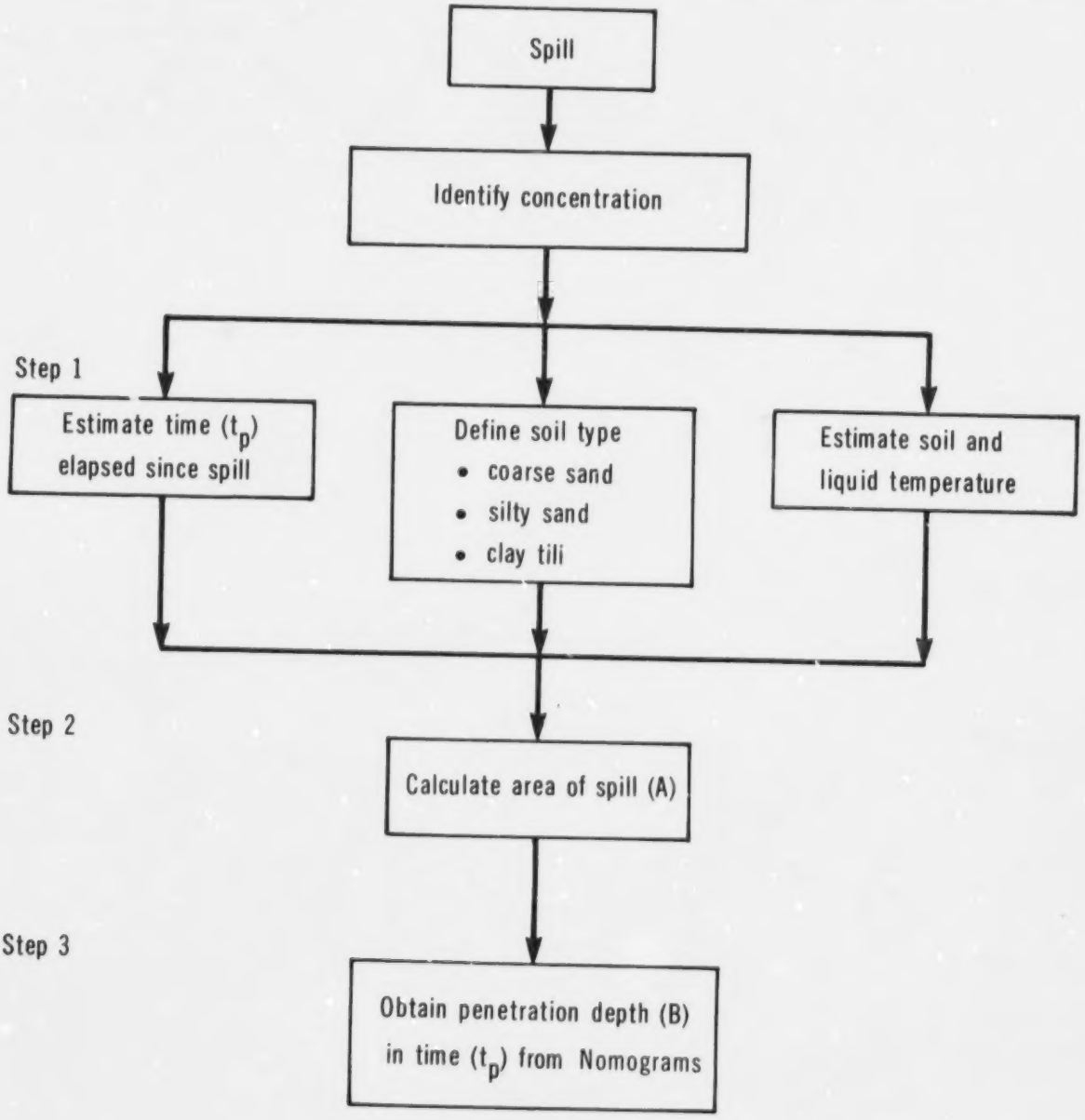


FIGURE 7

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

PENETRATION IN COARSE SAND

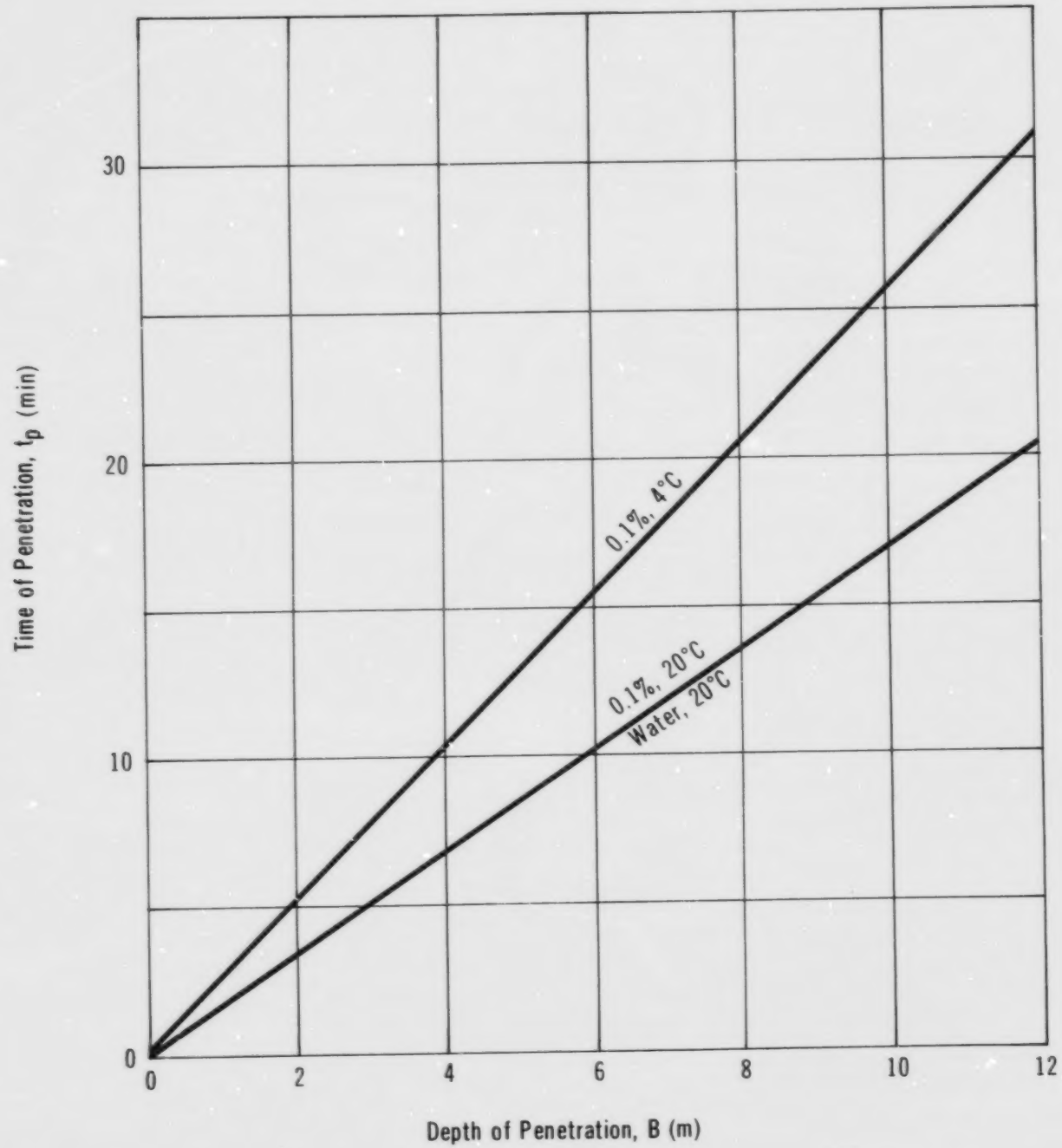


FIGURE 8

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

PENETRATION IN SILTY SAND

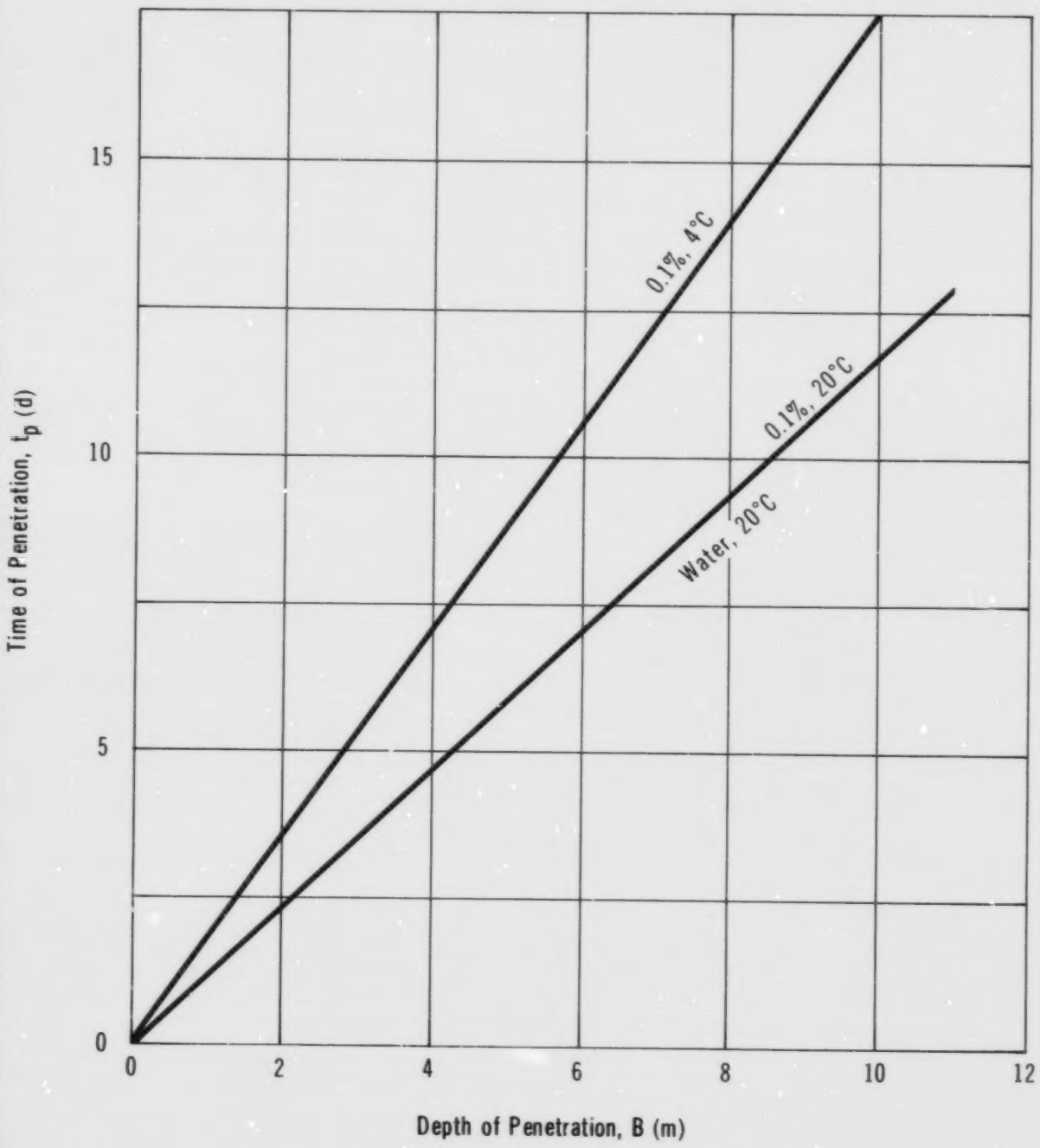
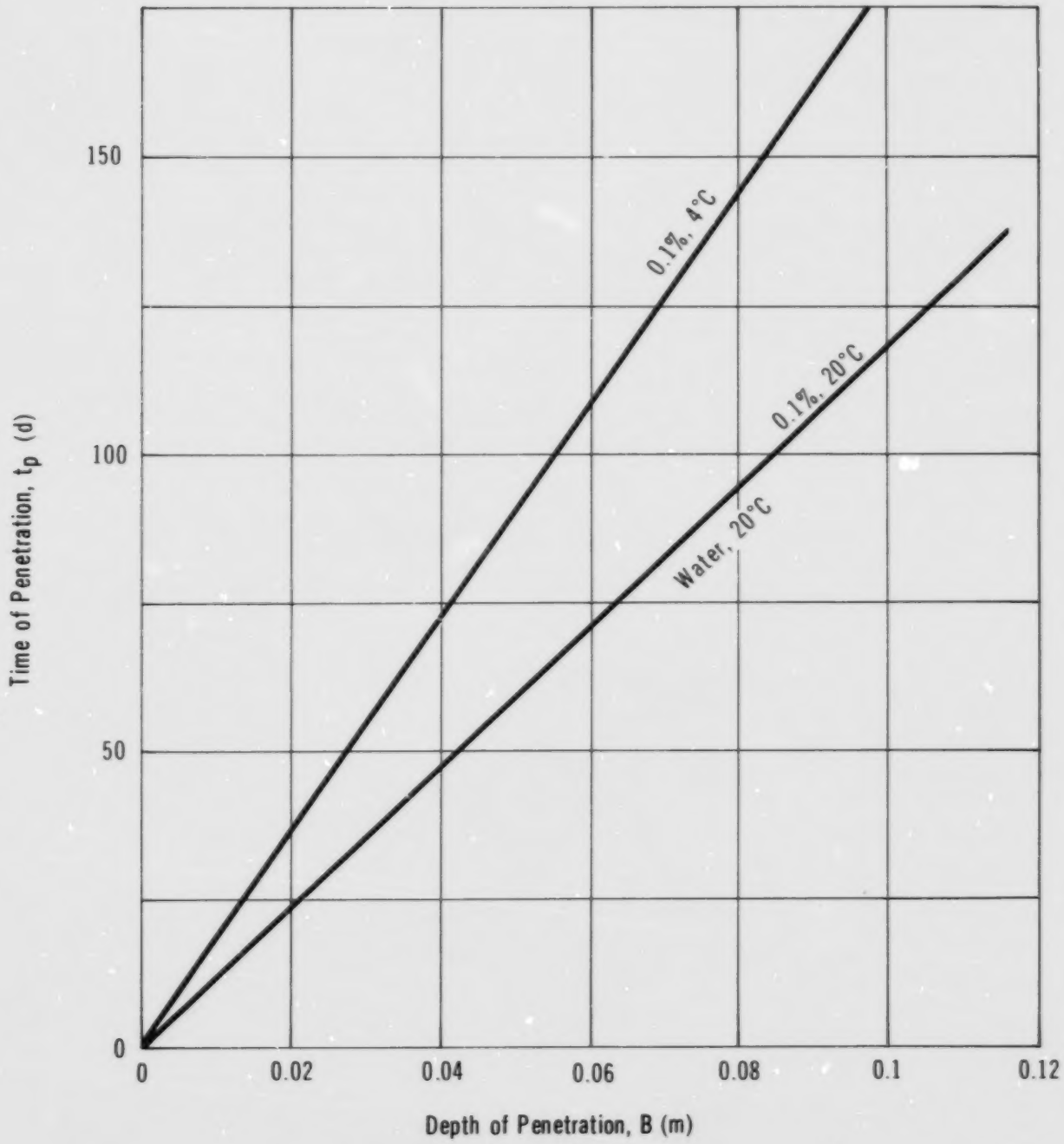


FIGURE 9

CALCIUM OXIDE and HYDROXIDE

PENETRATION IN CLAY TILL



6 ENVIRONMENTAL DATA

6.1 Suggested or Regulated Limits

6.1.1 Water. Not available. Drinking water standards based on acidity recommend that the pH be within the range of 6.5 to 8.5 (Water Management Goals 1978). 1,000 and 500 mg/L have been recommended as livestock toxicity limits, the latter for chronic toxicity (Todd 1970).

6.1.2 Air.

6.1.2.1 Canada. The limit for calcium oxide is 20 $\mu g/m^3$; the limit for calcium hydroxide is 27 $\mu g/m^3$ (Ontario E.P. Act 1971).

6.2 Aquatic Toxicity

6.2.1 U.S. Toxicity Rating. Calcium oxide and calcium hydroxide have been assigned a TL_m96 (4-day median lethal toxicity rating) of 1,000 tc 100 mg/L and 1,000 to 10 mg/L, respectively (RTECS 1979).

6.2.2 Measured Toxicities. Calcium oxide reacts with water immediately, forming calcium hydroxide; thus, the following data apply to the hydroxide and its ions. Generally, it is recognized that these effects are due to the pH change.

6.2.2.1 Freshwater toxicity.

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Fish Kill Data					
92	0.7	Trout	toxic		WQC 1963
198	0.2	Trout	toxic		WQC 1963
500	0.3	Goldfish	toxic	unadjusted pH	WQC 1963
100	3 to 7 days	Bass	toxic	unadjusted pH	WQC 1963
200	30 to 80 min	Goldfish, Bass	toxic	unadjusted pH	WQC 1963
< 100		Goldfish	toxic	pH 11.1	WQC 1963
50	7 days+	Goldfish, Bass, Sunfish	survived		WQC 1963

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Fish Toxicity Tests					
240	24	Mosquito fish	TL_m	Turbid, 21 to 23°C	Wallen 1957
220	48	Mosquito fish	TL_m	Turbid, 21 to 23°C	Wallen 1957
160	96	Mosquito fish	TL_m	Turbid, 21 to 23°C	Wallen 1957
Invertebrates					
300	24	Vector snails	killed	28°C	WQCDB-3 1971

6.3 Effect Studies

Aquatic toxicity is the function of an alkalinity effect. Addition of lime to soft water lakes increases biological activity, possibly by providing a carbon dioxide reservoir (WQC 1963).

6.4 Degradation

Calcium oxide and hydroxide do not degrade oxidatively; they are neutralized by acidic constituents in the atmosphere including carbon dioxide, sulphur dioxide and nitrogen oxides (OHM-TADS 1981).

6.5 Long-term Fate and Effects

These compounds show no bioaccumulation or food chain concentration toxicity potential.

7 HUMAN HEALTH

There is a limited amount of information in the published literature concerning the toxicological effects of test animal and human exposures to calcium oxide and calcium hydroxide. Much of the published information pertaining to the health effects of these chemicals deals with the irritant properties of the solid and dust forms. No information is available on the effects of calcium oxide or calcium hydroxide on reproduction, nor their mutagenicity or carcinogenicity. Little information is available on the effects of chronic exposures. Calcium oxide and calcium hydroxide have been reported in the EPA TSCA inventory. The data summarized here are representative of information in the literature.

The toxicological data summarized here have been extracted from reliable standard reference sources. It should be noted that some of the data are for chronic (long-term), low-level exposures and may not be directly applicable to spill situations.

7.1 Recommended Exposure Limits

The exposure standards for calcium hydroxide and calcium oxide are based upon their irritant properties. Canadian provincial guidelines generally are similar to those of USA-ACGIH, unless indicated otherwise.

Guideline (Time)	Origin	Recommended Level	Reference
Time-weighted Averages (TWA)			
Calcium Hydroxide:			
TLV• (8 h)	USA-ACGIH	5 mg/m^3	TLV 1981
	Netherlands	0.2 mg/m^3	ILO 1980
TWA Exposure Criteria	Ontario	2.5 mg/m^3 (proposed)	OML 1981
Calcium Oxide:			
TLV• (8 h)	USA-ACGIH	2 mg/m^3	TLV 1981
PEL (8 h)	USA-OSHA	5 mg/m^3	NIOSH/OSHA 1981
	Sweden	2 mg/m^3	Doc. TLV 1981
TWA Exposure Criteria	Ontario	1.5 mg/m^3 (proposed)	OML 1981

Guideline (Time)	Origin	Recommended Level	Reference
Short-term Exposure Limits (STEL)			
Calcium Hydroxide:	No data		
Short-term Inhalation Limit (STIL)			
Calcium Oxide:			
STIL (30 min)	Suggested	10 mg/m^3	CHRIS 1978
Other Human Toxicities			
Calcium Hydroxide:	No data		
Calcium Oxide:			
IDLH	USA-NIOSH	250 mg/m^3	NIOSH/OSHA 1981

7.2 Irritation Data

7.2.1 Skin Contact.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Human		
Calcium Hydroxide	Solid will burn skin	CHRIS 1978
Calcium Oxide	Solid will burn skin	CHRIS 1978
Dust, concentration not specified (6 h)	Burning, erythema	Calnan 1981
Dust, concentration not specified (24 h)	Will cause a brown-black necrotic dry crust to form	Calnan 1981
Concentration not specified	May produce burns or dermatitis with desquamation and vesicular rash	USDHEW 1977

7.2.2 Eye Contact.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Human		
Calcium Hydroxide	Solid will burn eyes	CHRIS 1978
Calcium Oxide	Solid will burn eyes	CHRIS 1978
SPECIES: Cattle		
Calcium Hyroxide	Immediate whitening of corneal stroma, more evident in cattle than in humans	TDB (on-line) 1981
SPECIES: Rabbit		
Calcium Hydroxide Concentration not specified (1 min)	Gradual decrease in mucopoly-saccharides of the cornea, reaching maximum at 24 hours. Normal levels not achieved after 3 months	TDB (on-line) 1981
Concentration not specified	Whitening of corneal stroma more evident in rabbits than in humans	TDB (on-line) 1981

7.3 Threshold Perception Properties

7.3.1 Odour.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
Calcium Hydroxide	Odourless	CHRIS 1978
Calcium Oxide	Odourless	CHRIS 1978

7.3.2 Taste.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
Calcium Hydroxide	Slightly bitter, alkaline taste (in concentrated aqueous solutions)	Merck 1976
Calcium Oxide	No data	

7.4 Long-term Studies

7.4.1 Inhalation.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
Acute Exposures		
SPECIES: Human		
Calcium Hydroxide		
-	Moderately caustic irritant to respiratory tract	Doc. TLV 1981
Calcium Oxide		
25 mg/m^3	Strong nasal irritation	Patty 1981
9 to 10 mg/m^3 (mixture of dusts containing CaO)	No observable irritation	Patty 1981
Duration Not Specified		
SPECIES: Human		
Calcium Oxide		
Concentration not specified	Inflammation of the respiratory passages, ulceration and perforation of the nasal septum, and pneumonia have been reported	Doc. TLV 1981

7.4.2 Ingestion.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
Acute Exposures		
SPECIES: Human		
Calcium Hydroxide	No data	
Calcium Oxide	No data	
SPECIES: Rat		
Calcium Hydroxide		
7,340 mg/kg	LD_{50}	RTECS 1979
11.4 to 4.83 g/kg	LD_{50} (single oral intubation)	Patty 1981
Calcium Oxide	No data	
Chronic Exposures		
SPECIES: Rat		
Calcium Hydroxide		
50 and 350 mg/L	Male rats given chemical in tap water were restless, aggressive and had reduced food intake at 2 months. At 3 months, decreased body weight, decreased counts for erythrocytes and phagocytes, decreased hemoglobin. Gross necropsy showed inflammation of small intestine and dystrophic changes in stomach, kidneys, liver	Patty 1981
Calcium Oxide	No data	

7.5 Symptoms of Exposure

General symptoms of exposure found in most information sources have not been specifically referenced. Only those of a more specific or unusual nature have their sources indicated.

7.5.1 Inhalation.

Calcium Hydroxide

1. Irritation of nose and throat.
2. Coughing, sneezing.
3. Lacrimation.
4. Inflammation of respiratory passages.
5. Chemical bronchitis (USDHEW 1977).
6. Perforation of nasal septum (USDHEW 1977).

Calcium Oxide

1. Irritation of nose and throat.
2. Sneezing.
3. Lacrimation.
4. Mucous membrane burns.
5. Ulceration of buccal mucosa (USDHEW 1977).
6. Ulceration and perforation of nasal septum (Doc. TLV 1981).
7. Bronchitis (NIOSH/OSHA 1981).
8. Pneumonia (Doc. TLV 1981).
9. Risk of acute pulmonary edema (Lefèvre 1980).

7.5.2 Ingestion.

Calcium Oxide

1. Immediate, intense burning sensation in mouth, throat, and stomach.
2. Immediate effect on buccal (cheeks and mouth cavity) membranes, which become white.
3. Intense pain in swallowing.
4. Edema of the glottis (Lefèvre 1980).
5. Strong salivation, which increases the pain.
6. Vomiting; vomit is brown and contains pieces of mucous membrane of the stomach (digestive hemorrhage) (Lefèvre 1980).
7. Stomach cramps.
8. Rapid breathing.
9. State of shock.
10. Diarrhea, possibly blood-stained.
11. Risk of perforation of stomach.

12. Loss of consciousness.

Calcium Hydroxide

1. Burning sensation in mouth, esophagus, and stomach.
2. Irritation of mouth.
3. Pain in swallowing (Lefèvre 1980).
4. Stomach cramps.

7.5.3 Skin Contact.

Calcium Hydroxide

1. Skin irritation.
2. Dermatitis with desquamation and vesicular rash (USDHEW 1977).

Calcium Oxide

1. Skin irritation.
2. Dermatitis with desquamation and vesicular rash (USDHEW 1977).
3. Painful ulceration.
4. Profound, irreparable damage of tissues (Lefèvre 1980).
5. State of shock.

7.5.4 Eye Contact.

Calcium Hydroxide

1. Mechanical irritation, followed by chemical irritation (Lefèvre 1980).
2. Spasmodic blinking (USDHEW 1977).
3. Burns.
4. Ocular perforation (USDHEW 1977).

Calcium Oxide

1. Irritation.
2. Spasmodic blinking (USDHEW 1977).
3. Burns and irreparable damage of mucous membranes (Lefèvre 1980).
4. Ulceration of eyes (Lefèvre 1980).
5. Ocular perforation (USDHEW 1977).
6. Loss of sight.

8 CHEMICAL COMPATIBILITY

8.1 Compatibility of Calcium Oxide with Other Chemicals and Chemical Groups

SPECIFIC CHEMICAL OR CHEMICAL GROUP	HEAT GENERATION	FIRE	EXPLOSION	FORMATION OF FLAMMABLE GASES	VIOLENT POLYMERIZATION	DECOMPOSITION	FORMATION OF TOXIC FUMES	FORMATION OF SUBSTANCES OF GREATER TOXICITY	PRESSURIZATION IN CLOSED VESSELS	SOLUBILIZATION	VIOLENT REACTION	NON-HAZARDOUS REACTION	SPECIFICS	REFERENCE
GENERAL														
Water	•	•											May ignite combustible material	Bretherick 1979
SPECIFIC CHEMICALS														
Boron Trifluoride										•			Forms a fused mass	NFPA 1978
Chlorine Trifluoride		•								•				NFPA 1978
Ethanol	•	•											May ignite combustible material	Bretherick 1979
Fluoride	•													NFPA 1978
Hydrofluoric Acid										•				NFPA 1978
Phosphorus Pentoxide										•			Reacts violently with heat	Bretherick 1979

8.2 Compatibility of Calcium Hydroxide with Other Chemicals and Chemical Groups

SPECIFIC CHEMICAL OR CHEMICAL GROUP	HEAT GENERATION	FIRE	EXPLOSION	FORMATION OF FLAMMABLE GASES	VIOLENT POLYMERIZATION	DECOMPOSITION	FORMATION OF TOXIC FUMES	FORMATION OF SUBSTANCES OF GREATER TOXICITY	PRESSURIZATION IN CLOSED VESSELS	SOLUBILIZATION	VIOLENT REACTION	NON-HAZARDOUS REACTION	SPECIFICS	REFERENCE
SPECIFIC CHEMICALS														
Maleic Anhydride		•			•									NFPA 1978
Nitroethane		•											Form salts that are explosive when dry	NFPA 1978
Nitromethane		•											Form salts that are explosive when dry	NFPA 1978
Nitropropane		•											Form salts that are explosive when dry	NFPA 1978
Phosphorus			•											NFPA 1978
CHEMICAL GROUPS														
Nitroparaffins		•											Form salts that are explosive when dry	NFPA 1978

9 COUNTERMEASURES

9.1 Recommended Handling Procedures

The following procedures have been derived from a review of the literature. To avoid any deviation from the intended meaning, the wording of the original source has been presented essentially unchanged - in so doing, it is recognized that there may be some discrepancies between different sources of information. These procedures should not be considered as Environment Canada's recommendations.

9.1.1 Fire Concerns. Calcium oxide/hydroxide is a noncombustible material. Calcium oxide will swell and generate heat when moistened and could burst containers. Fluorine will attack calcium oxide, evolving much heat and some light (GE 1978).

Calcium hydroxide is a strongly alkaline material which is incompatible with acidic materials. In the presence of water, it reacts with nitroparaffins to form salts which are explosive when dried. It can cause the explosive decomposition of maleic anhydride. Boiling elemental phosphorus in a calcium hydroxide solution can liberate spontaneously flammable phosphines (GE 1978).

9.1.2 Fire Extinguishing Agents. Not combustible; in fires, use water in flooding amounts only (ERG 1980).

Small fires: Dry chemical, CO_2, water spray or foam.

Large fires: Water spray, fog or foam.

Move containers away from fire area if this can be done without risk (ERG 1980).

9.1.3 Spill Actions.

9.1.3.1 General. Stop or reduce discharge of material if this can be done without risk. Avoid skin contact and inhalation (GE 1978).

9.1.3.2 Spills on land. When spilled in a dry condition, the material can be shovelled into covered metal containers for recovery or disposal (avoid dusting and contact with skin) (GE 1978).

When spilled in a liquid condition, contain if possible by forming mechanical and/or chemical barriers to prevent spreading, and neutralize with vinegar or dilute acid (EPA 670/2-75-042). Sodium bicarbonate and carbon dioxide (best applied as a dilute solution) are recommended as in situ neutralizing agents (OHM-TADS 1981).

9.1.3.3 Spills on water. Contain if possible and neutralize with dilute acid (EPA 670/2-75-042). Strong acids would be effective providing that the response personnel are aware of the hazards. Sodium bicarbonate and carbon dioxide are recommended as in situ neutralizing agents (OHM-TADS 1981). Activated carbon may also be used to remove some material (CG-D-38-76). If not solubilized, an inert and sulphate-type cover material could be applied on the material in the water to prevent any additional solubilization of the spilled material (CG-D-56-78).

9.1.4 Cleanup and Treatment.

9.1.4.1 General. For treatment of contaminated water, the following procedure is recommended (EPA 600/2-77-227). The solids are removed by gravity separation and the (decant) water is neutralized (pH 7.0) with hydrochloric acid. The water is then treated with sodium carbonate to raise the pH to 9.0 and passed through dual media filtration. Prior to discharge, the water is neutralized with sulphuric acid (pH 7.0). Any wastewater from backwash of the filtration unit is returned to the gravity separator.

9.1.5 Disposal. Waste calcium oxide or hydroxide must never be discharged directly into sewers or surface waters. Following neutralization, either at the spill site or at a waste management facility, the resultant sludge can be disposed of in a secure landfill (OHM-TADS 1981; GE 1978).

9.1.6 Protective Measures. For entry into a situation where the spilled material and its characteristics are unknown, self-contained breathing apparatus and a totally encapsulated chemical suit should be worn.

If the spilled material is known to be calcium oxide/hydroxide:

- Response personnel should be provided with and required to use impervious clothing, gloves, face shields (20 cm minimum), and other appropriate protective clothing necessary to prevent skin contact with calcium oxide, where skin contact may occur (NIOSH/OSHA 1981).
- Dust-resistant or tight-fitting safety goggles are required for eye protection in dusty situations (NIOSH/OSHA 1981).
- Butyl has been recommended as a chemical suit material (excellent resistance) for protection against calcium oxide (EE-20).
- Nonimpervious clothing which becomes contaminated with calcium oxide should be removed promptly and not reworn until the calcium oxide is removed from the clothing (NIOSH/OSHA 1981).

The following is a list of the minimum respiratory protection recommended for personnel working in areas where calcium oxide is present (NIOSH/OSHA 1981).

Condition	Minimum Respiratory Protection* Required above 5 mg/m^3
Particulate Concentration	
25 mg/m^3 or less	Any dust and mist respirator.**
50 mg/m^3 or less	Any dust and mist respirator, except single-use or quarter-mask respirator.**
	Any supplied-air respirator.**
	Any self-contained breathing apparatus.**
250 mg/m^3 or less	A high efficiency particulate filter respirator with a full facepiece.
	Any supplied-air respirator with a full facepiece, helmet, or hood.
	Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.
Greater than 250 mg/m^3 or entry and escape from unknown concentrations	Self-contained breathing apparatus with a full facepiece operated in pressure-demand or other positive pressure mode.
	A combination respirator which includes a Type C supplied-air respirator with a full facepiece operated in pressure-demand or other positive pressure or continuous-flow mode and an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive pressure mode.
Fire Fighting	Self-contained breathing apparatus with a full facepiece operated in pressure-demand or other positive pressure mode.
Escape	A high efficiency particulate filter respirator with a full facepiece.
	Any escape self-contained breathing apparatus.

* Only NIOSH-approved or MSHA-approved equipment should be used.
** If eye irritation occurs, full-facepiece respiratory protective equipment should be used.

- Eyewash stations and safety showers should be readily available in areas of use and in spill situations (GE 1978).

9.1.7 Special Precautions (Calcium Oxide). Store material in sealed containers in a dry place, away from acids and organic materials. Protect containers against physical damage. Remember that this material will generate heat by reaction with water; care should be taken to see that this heat is dissipated safely when it is deliberately mixed with water. If exposed to air, it will react with water and with carbon dioxide. Use due caution in mixing with water and handling the alkaline water dispersions of this material (milk of lime) (GE 1978).

10 PREVIOUS SPILL EXPERIENCE

Although spills of this material have been recorded, no significant information regarding cleanup methods or response has been documented.

11 ANALYTICAL METHODS

The general approach adopted for each of the Priority Chemicals was as follows.

Methods have been documented here for analyses of air, water and soil samples in a normally equipped chemical laboratory remote from the spill site. Customary sources of standard or recommended analytical methods were consulted, and outlines are presented for each chemical. These sources included publications of the U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), the American Water Works Association (AWWA), the American Society for Testing and Materials (ASTM), and the American National Standards Institute (ANSI).

If the standard or recommended methods were judged to be reliable and specific enough for the analysis of environmental and materials samples from spill sites and if they do not require highly specialized laboratory equipment, no additional methods were sought.

If especially simple, reliable tests (e.g. commonly used industrial methods) were found, they have been presented as well.

The methods presented below for calcium oxide are also applicable for calcium hydroxide.

11.1 Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Air

11.1.1 Atomic Absorption (NIOSH 1977). A range of 2.6 to 10.16 mg/m^3 (1.13 to 4.43 ppm) of calcium oxide in air can be determined by atomic absorption spectroscopy. The method is not specific to calcium oxide and will be applicable for any acid-soluble calcium compound present.

A known volume of air is drawn through a three-piece cassette filter holder capable of holding 37 mm filters. The filters are 0.8 µm cellulose-ester membrane. A sample volume of 85 L is recommended at a flow rate of 1.5 L/min.

The sample is transferred to a beaker and treated with 5 mL of concentrated nitric acid and heated on a hot plate (140°C) with a glass cover until most of the acid has evaporated. This step must be conducted in a fume hood. A 2 mL volume of concentrated nitric acid is added as well as 1 mL of 60 percent perchloric acid and the beaker covered with a glass cover. The sample is then heated until dense fumes of perchloric acid appear. Distilled water is used to rinse the sides of the beaker and the solution is evaporated to dryness. The sample is allowed to cool and the residue dissolved in 5 mL dilute

(5.0 percent v/v) hydrochloric acid containing 1 percent lanthanum. The solution is quantitatively transferred to a 100 mL volumetric flask and two 5 mL rinsings of the beaker are also added to the flask. The volume is then taken to 100 mL with dilute hydrochloric acid solution containing 1 percent lanthanum.

The sample is aspirated into an oxidizing air acetylene flame. The absorbance at a wavelength of 422.7 nm is recorded using a suitable atomic absorption spectrophotometer. The calcium oxide is determined using a calibration curve.

11.2 Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Air

The sample is collected as in Section 11.1.1. A clean platinum wire is dipped in the sample and then held in the hottest part of a nonluminous bunsen burner flame. A brick-red flame indicates the presence of calcium. This test is not specific for calcium oxide (Welcher 1955).

11.3 Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Water

11.3.1 Atomic Absorption Spectroscopy (ASTM 1979). A range of 0.3 to 15 mg/L (ppm) of calcium (any soluble calcium present) in water may be determined using atomic absorption spectroscopy.

At least 2 L of water are collected in an appropriate container. The sample should be filtered prior to aspiration into an atomic absorption spectrophotometer if particulate matter is present. A 100 mL volume of sample is mixed with 25 mL of a 5.0 percent lanthanum solution prior to analysis. The sample is aspirated into an air-acetylene flame. The absorbance at a wavelength of 422.7 nm is recorded using a suitable atomic absorption spectrophotometer. The calcium is determined using absorbance values and a standard curve.

11.4 Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Water

The sample is collected as in Section 11.3.1. A clean platinum wire is dipped in the sample and then held in the hottest part of a nonluminous bunsen burner flame. A brick-red flame indicates the presence of calcium. This test is not specific for calcium oxide (Welcher 1955).

11.5 Quantitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Soil

11.5.1 Colourimetric (Hesse 1972). A maximum of 25 µg of calcium in soil can be determined using a 1.0 g soil sample and colourimetry. High levels of calcium carbonate present in some soils may results in interference and thus background levels should also be measured.

A 1.0 g sample of 0.15 mm, oven dried soil is placed in a 250 mL beaker and 20 mL of concentrated nitric acid are added. The beaker is covered and carefully heated to oxidize the organic matter. A 10 mL volume of 60 percent perchloric acid is added and the mixture digested until dense fumes of perchloric acid appear. This procedure must be conducted in a fume hood. The sides of the beaker are washed with perchloric acid as necessary. The mixture is then evaporated until all excess of perchloric acid is gone.

A suitable aliquot of the soil extract is taken and transferred to a test tube. The aliquot is diluted to 10 mL with water. A 10 mL volume of absolute methanol is added as well as 1 mL of buffer solution. This is prepared by dissolving 0.20 g sodium diethyldithiocarbanate in 100 mL of stock buffer solution. The stock buffer solution is prepared by dissolving 5.28 g of sodium tetraborate in 800 mL water and adding 10 g sodium hydroxide. The mixture is allowed to cool then diluted to 1 L with water and stored in a polyethylene bottle. The pH of the buffer solution should be 12 and should be adjusted if necessary. To the sample is added a 0.5 mL volume of reagent solution prepared by dissolving 0.150 g glyoxal bis-(2-hydroxyanil) in 30 mL of absolute methanol. The colour is developed for 25 minutes and the absorbance read on a suitable spectrophotometer at a wavelength of 535 nm. The calcium is determined using absorbance values and a standard curve.

11.6 Qualitative Method for the Detection of Calcium Oxide in Soil

The sample is collected as in Section 11.5.1 and the acid digestion procedure followed. A clean platinum wire is dipped in the sample and a few drops of 6 M hydrochloric acid are added. The platinum wire is held in the hottest part of a non-luminous bunsen burner flame. A brick-red flame indicates the presence of calcium. This test is not specific for calcium oxide (Welcher 1955).

12 REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY

12.1 References

AAR 1983: Association of American Railroads, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards; Part 31, Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2576-7, D1192-70, D3370. (1979).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Calnan 1981: Farkas, J., "Caustic Ulcers from Lime Dust", Contact Dermatitis, Vol. 7, No. 1, p. 59. (January, 1981).

Canadian Lime Institute 1982: Personal Communication, G.W. Brosseau, Canadian Lime Institute. (January, 1982).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

CG-D-56-78: Hand, T.D. et al, A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-56-78. (June, 1978).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third Edition, Association of American Railroads, Mechanical Division, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1974).

CLF 1964: National Lime Association, Chemical Lime Facts, Washington, D.C. (1964).

CMH 1981: Worobec, A. (ed.), Canadian Mines Handbook 1981-82, Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario. (July, 1981).

CMR 1979: Stonehouse, D.H., "Lime", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Calcium Oxide/Calcium Hydroxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

Domtar MSDS 1980: Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Hydroxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar MSDS 1981: Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Oxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1981).

Domtar PDS 1980a: Domtar Chemicals Group, High Calcium Quicklime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar PDS 1980b: Domtar Chemicals Group, High Calcium Hydrated Lime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

DPLP 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Piping Systems, Midland, Michigan. (1972).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

GE 1978: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

ILO 1980: International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lime 1980: National Lime Institute, Lime - The Versatile Chemical, Washington, D.C. (1980) (available from the Canadian Lime Institute).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205, Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

OML 1981: Ontario Ministry of Labour, Occupational Health and Safety Division, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Workplaces, Toronto, Ontario. (15 May 1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, New York. (1977).

Steel Brothers PDS 1981a: Steel Brothers Canada Ltd., "Quicklime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Steel Brothers PDS 1981b: Steel Brothers Canada Ltd., "Hydrated Lime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Thibodeaux 1980: Thibodeaux, L.J., Spill of Soluble, High Density, Immiscible Chemicals on Water, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., CG-UOA-80-011. (August, 1980).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

Wallen 1957: Wallen, I.E., Greer, W.C., Lasater, R., "Toxicity to *Gambusia affinis* of Certain Pure Chemicals in Turbid Waters", Sewage and Industrial Wastes, Vol. 29, p. 695. (1957).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 432. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQCDB-3 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-24. (May, 1971).

12.2 Bibliography

Association of American Railroad, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

Association of American Railroads, Mechanical Division, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third Edition, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1974).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards; Part 31, Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2576-7, D1192-70, D3370. (1979).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Canadian Lime Institute, Personal Communication, G.W. Brosseau. (January, 1982).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Calcium Oxide/Calcium Hydroxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Domtar Chemicals Group, High Calcium Quicklime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, High Calcium Hydrated Lime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Hydroxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Oxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1981).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Piping Systems, Midland, Michigan. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-24. (May, 1971).

Farkas, J., "Caustic Ulcers from Lime Dust", Contact Dermatitis, Vol. 7, No. 1, p. 59. (January, 1981).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

Hand, T.D. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-56-78. (June, 1978).

Hesse, P.R. A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S.205, Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Lime Association, Chemical Lime Facts, Washington, D.C. (1964).

National Lime Institute, Lime - The Versatile Chemical, Washington, D.C. Available from the Canadian Lime Institute. (1980).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of Labour, Occupational Health and Safety Division, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Workplaces, Toronto, Ontario. (15 May 1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Steel Brothers Canada Ltd., "Quicklime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Steel Brothers Canada Ltd., "Hydrated Lime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Stonehouse, D.H., "Lime", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979).

Thibodeaux, L.J., Spill of Soluble, High Density, Immiscible Chemicals on Water, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., CG-UOA-80-011. (August, 1980).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Wallen, I.E., Greer, W.C., Lasater, R., "Toxicity to *Gambusia affinis* of Certain Pure Chemicals in Turbid Waters", Sewage and Industrial Wastes, Vol. 29, p. 695. (1957).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 432. (1955).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Worobec, A. (ed.), Canadian Mines Handbook 1981-82, Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario. (July, 1981).

JF.

2030144D

Copy III

EnviroTIPS

Common Abbreviations

BOD	biological oxygen demand
b.p.	boiling point
CC	closed cup
cm	centimetre
CMD	count median diameter
COD	chemical oxygen demand
conc.	concentration
c.t.	critical temperature
eV	electron volt
g	gram
ha	hectare
Hg	mercury
IDLH	immediately dangerous to life and health
Imp. gal.	imperial gallon
in.	inch
J	joule
kg	kilogram
kJ	kilojoule
km	kilometre
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
L	litre
lb.	pound
LC_{50}	lethal concentration fifty
LC_{LO}	lethal concentration low
LD_{50}	lethal dose fifty
LD_{LO}	lethal dose low
LEL	lower explosive limit
LFL	lower flammability limit
m	metre
m	meta
M	molar
MAC	maximum acceptable concentration
max	maximum
mg	milligram
MIC	maximum immision concentration
min	minute or minimum
mm	millimetre
µg	microgram
µm	micrometre
°Be	degrees Baumé (density)
MMAD	mass median aerodynamic diameter
MMD	mass median diameter
m.p.	melting point
MW	molecular weight
N	newton
NAS	National Academy of Sciences
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
nm	nanometre
o	ortho
OC	open cup
p	para
P_c	critical pressure
PEL	permissible exposure level
pH	measure of acidity/alkalinity
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
P_s	standard pressure
psi	pounds per square inch
s	second
STEL	short-term exposure limit
STIL	short-term inhalation limit
T_c	critical temperature
TC_{LO}	toxic concentration low
T_d	decomposition temperature
TD_{LO}	toxic dose low
TL_m	median tolerance limit
TLV	Threshold Limit Value
T_s	standard temperature
TWA	time weighted average
UEL	upper explosive limit
UFL	upper flammability limit
VMD	volume mean diameter
v/v	volume per volume
w/w	weight per weight

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

L'OXYDE ET L'HYDROXYDE DE CALCIUM

Canada

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

L'OXYDE ET L'HYDROXYDE DE CALCIUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
JUIN 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Calcium Oxide and Hydroxide
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

Imprimé
par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: En 48-10/3-1984 F
ISBN 0-662-92599-8

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1984

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XI
1	**Résumé**	
1.1	Oxyde de calcium (CaO)	1
1.2	Hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$)	2
2	**Propriétés physiques et chimiques**	
3	**Production, transport et commerce**	
3.1	Qualités et teneurs des produits	7
3.1.1	Oxyde de calcium	7
3.1.2	Hydroxyde de calcium	7
3.2	Fabricants situés au Canada	7
3.3	Principaux centres de production	7
3.4	Volume de production	8
3.5	Fabrication industrielle	8
3.5.1	Information générale	8
3.5.2	Procédés de fabrication	8
3.6	Principales utilisations au Canada	9
3.7	Principaux acheteurs au Canada	9
4	**Manutention du produit et compatibilité**	
4.1	Conteneurs et autres récipients de transport	10
4.1.1	Transport en vrac	10
4.1.1.1	Wagons	10
4.1.2	Transport en sacs	10
4.2	Compatibilité entre l'oxyde de calcium et l'hydroxyde de calcium et certains matériaux de fabrication	12
5	**Fuite et migration du produit**	
5.1	Aperçu général	14
5.2	Fuite de l'oxyde et de l'hydroxyde de calcium	14
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	14
5.4	Comportement dans l'eau	14
5.4.1	Introduction	14
5.4.2	Nomogrammes	15
5.4.2.1	Vitesse limite de chute en fonction du diamètre de la particule	15
5.4.2.2	Temps de sédimentation en fonction de la vitesse limite de chute	16
5.4.2.3	Distance parcourue en aval du lieu de déversement en fonction du temps de sédimentation	16
5.4.3	Exemples de calcul	16

5.5	Comportement dans la subsurface	16
5.5.1	Mécanismes	16
5.5.2	Migration de l'hydroxyde de calcium dans la zone non saturée	19
5.5.3	Coefficient de perméabilité de l'hydroxyde de calcium en sol saturé	19
5.5.4	Types de sol	19
5.5.5	Nomogrammes de migration	21
5.5.6	Exemple de calcul	21
6	**Protection de l'environnement**	
6.1	Limites maximales admissibles	26
6.1.1	Qualité de l'eau	26
6.1.2	Qualité de l'air	26
6.1.2.1	Au Canada	26
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	26
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	26
6.2.2	Toxicités mesurées	26
6.2.2.1	Toxicité en eau douce	26
6.3	Études sur les effets toxiques	27
6.4	Dégradation	27
6.5	Devenir et effets à long terme	27
7	**Protection de la santé**	
7.1	Normes d'exposition recommandées	28
7.2	Données sur les propriétés irritantes	29
7.2.1	Contact avec la peau	29
7.2.2	Contact avec les yeux	29
7.3	Seuils de perception des caractères organoleptiques	30
7.3.1	Odeur	30
7.3.2	Goût	30
7.4	Études à long terme	30
7.4.1	Inhalation	30
7.4.2	Ingestion	31
7.5	Symptômes d'intoxication	31
7.5.1	Inhalation	31
7.5.2	Ingestion	32
7.5.3	Contact avec la peau	32
7.5.4	Contact avec les yeux	33
8	**Compatibilité chimique**	
8.1	Compatibilité entre l'oxyde de calcium et divers produits chimiques	34
8.2	Compatibilité entre l'hydroxyde de calcium et divers produits chimiques	35
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	
9.1	Mesures recommandées	36
9.1.1	Risques d'incendie	36
9.1.2	Moyens d'extinction	36
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversements accidentels	36
9.1.3.1	Information générale	36
9.1.3.2	Déversement sur le sol	36
9.1.3.3	Déversement dans l'eau	36

9.1.4	Nettoyage et traitement	37
9.1.4.1	Information générale	37
9.1.5	Élimination du polluant	37
9.1.6	Mesures de protection	37
9.1.7	Précautions spéciales	38
10	**Cas de déversements accidentels**	
11	**Identification et dosage des polluants**	
11.1	Dosage de l'oxyde de calcium présent dans l'air (analyse quantitative)	40
11.1.1	Spectrophotométrie d'absorption atomique	41
11.2	Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)	41
11.3	Dosage de l'oxyde de calcium présent dans l'eau (analyse quantitative)	41
11.3.1	Spectrophotométrie d'absorption atomique	41
11.4	Identification de l'oxyde de calcium présent dans l'eau (analyse qualitative)	41
11.5	Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol (analyse quantitative)	41
11.5.1	Méthode colorimétrique	41
11.6	Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)	42
12	**Références et bibliographie**	
12.1	Références	43
12.2	Biblicgraphie	46

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	6
2	Spécifications relatives aux wagons-trémies – AAR classe LO	10
3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	13

LISTE DES FIGURES

1	Wagons-trémies couverts – AAR classe LO	11
2	Vitesse limite de chute en fonction du diamètre de la particule	15
3	Temps de sédimentation en fonction de la vitesse limite de chute	17
4	Distance parcourue en aval en fonction du temps de sédimentation	18
5	Migration dans le sous-sol	20
6	Plan d'utilisation des nomogrammes	22
7	Migration dans du sable grossier	23
8	Migration dans du sable limoneux	24
9	Migration dans du till argileux	25

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
k	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales

TT min.	Teneur toxique minimale	V évap.	Vitesse d'évaporation
u	Vitesse du vent	°Bé	Degré Baumé
μ	Viscosité	°C	Degré Celsius
vap	Vapeur	ϕ	Diamètre
vol.	Volume	x	Distance sous le vent
V	Vitesse d'écoulement	₩	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction
V biod.	Vitesse de biodégradation		

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® *-C* sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® *-C* *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

1.1 Oxyde de calcium (CaO)

L'oxyde de calcium se présente à l'état solide; il est blanc ou grisâtre et inodore.

Synonymes
Chaux, chaux vive, chaux anhydre, chaux à haute teneur en calcium.

N^os^ d'identification
UN 1910; CAS 1305-78-8; OHM-TADS 7217370; STCC: aucun numéro nécessaire.

Qualités et teneurs
Il existe diverses qualités pour l'agriculture et l'industrie de la construction.
Qualité commerciale: teneur de 94,5 à 96,8 p. 100.

Dangers immédiats
Produit incombustible.
Dangers pour l'homme. – L'oxyde de calcium corrode les tissus à des niveaux d'exposition élevés, quelle que soit la voie d'exposition.
Dangers pour l'environnement. – L'oxyde de calcium est nocif pour les organismes aquatiques lorsqu'il y a une augmentation importante du pH.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C; 1 atm)	Solide
Point de fusion	2580 °C
Inflammabilité	Ininflammable
Densité relative (eau = 1)	3,25 à 3,38 (20 °C)
Solubilité (dans l'eau)	0,12 g/100 g (0 °C)
Comportement (dans l'eau)	Coule et réagit violemment en générant de la chaleur
Comportement (dans l'air)	Réagit avec la vapeur d'eau et le CO_2
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Inodore

Dangers pour l'environnement
La toxicité de l'oxyde de calcium pour les organismes du milieu aquatique dépend de l'alcalinité. Il ne présente cependant aucun danger de bio-accumulation ou de concentration le long de la chaîne alimentaire.

Dangers pour l'homme
TLV®: 2 mg/m^3 (poussière).
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH*) : 250 mg/m^3.
Effets en cas d'inhalation. – Les poussières d'oxyde de calcium peuvent provoquer de la toux, des éternuements, de la gêne respiratoire et une inflammation des voies respiratoires.
Effets en cas de contact. – L'oxyde de calcium est une substance caustique qui irrite les yeux et la peau. Il peut provoquer une douleur cutanée cuisante et des brûlures du premier degré si l'exposition dure peu de temps, et du second degré, si elle se prolonge. En cas de projection dans les yeux, il provoque douleurs, brûlures et larmoiement intense. Des ulcérations, des perforations et la cécité peuvent résulter d'une exposition prolongée.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler: «Produit corrosif». Appeler les autorités compétentes et avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et contenir le produit déversé si cela ne présente aucun risque. Éviter tout contact avec le produit à l'état solide. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Le produit est incombustible, mais si un incendie se déclare en présence d'oxyde de calcium il faut le noyer avec de l'eau ou utiliser des produits chimiques secs, de la mousse, des agents extincteurs au Halon ou des extincteurs à neige carbonique.

Mesures d'intervention d'urgence

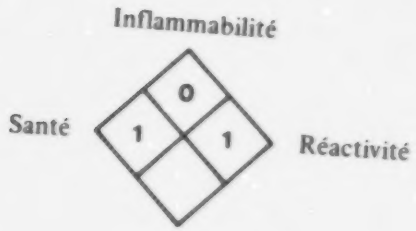
• Oxyde de calcium répandu sur le sol

Ériger des barrières pour contenir le produit déversé. Enlever le produit manuellement ou mécaniquement, et le déposer dans des contenants munis d'un couvercle.

• Oxyde de calcium déversé dans l'eau

Contenir le produit au moyen de barrages, de dispositifs de dérivation ou de barrières naturelles.

Évaluation du risque selon la NFPA



1.2 Hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$)

L'hydroxyde de calcium se présente sous forme de cristaux ou de fine poudre blanche. Il est inodore.

Synonymes

Chaux hydratée, chaux hydratée à haute teneur en calcium, chaux caustique, chaux éteinte, chaux délitée du Codex, lait de chaux.

N^os^ d'identification

UN NA9098; CAS 1305-62-0; OHM-TADS 7216628; STCC: aucun numéro nécessaire.

Qualités et teneurs

Applications commerciales: teneur 73,7 p. 100 de CaO
Applications agricoles: teneur de 65 à 71 p. 100 de CaO
Applications chimiques: teneur de 71 à 73 p. 100 de CaO

Dangers immédiats

Incendie. – L'hydroxyde de calcium est incombustible. Il peut se décomposer pour former de l'oxyde de calcium.

Dangers pour l'homme. – Le produit corrode légèrement les tissus, quelle que soit la voie d'exposition.

Dangers pour l'environnement. – L'hydroxyde de calcium est nocif pour les organismes du milieu aquatique.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C; 1 atm)	Solide
Point de fusion	Se décompose à 580 °C
Inflammabilité	Ininflammable
Densité relative (eau = 1)	2,24 (20 °C)
Solubilité (dans l'eau)	0,17 g/100 g (0 °C)
Comportement (dans l'eau)	Descend au fond et ne réagit pas
Comportement (dans l'air)	Absorbe le dioxyde de carbone
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Inodore

Dangers pour l'environnement

La toxicité de l'hydroxyde de calcium pour les organismes du milieu aquatique dépend de l'alcalinité. Il ne présente aucun danger de bio-accumulation ou de concentration le long de la chaîne alimentaire.

Dangers pour l'homme

TLV® : 5 mg/m^3 (poussière).

Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé: indéterminée.

Effets en cas d'inhalation. – Les poussières irritent et endommagent les muqueuses des voies respiratoires supérieures. Provoque de la gêne respiratoire, de la toux et des éternuements.

Effets en cas de contact. – En présence d'humidité, l'hydroxyde de calcium irrite et endommage les tissus. Le contact cutané excessif peut entraîner une dermite. En cas de projection dans les yeux, il peut provoquer des irritations, des sensations de brûlure et parfois des lésions.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler: «Produit corrosif». Appeler les autorités compétentes et avertir le fabricant. Arrêter le déversement et contenir le produit, si cela ne présente aucun danger.

• En cas d'incendie

Le produit est incombustible, mais si un incendie se déclare en présence d'hydroxyde de calcium, on peut utiliser de la mousse, des produits chimiques secs ou de la neige carbonique.

Mesures d'intervention d'urgence

• Hydroxyde de carbone répandu sur le sol

Ériger des barrières pour contenir le produit déversé. Ramasser le manuellement ou mécaniquement. Utiliser des sorbants naturels ou synthétiques pour absorber les résidus liquides et déposer le tout dans des contenants munis d'un couvercle.

• Hydroxyde de carbone déversé dans l'eau

Contenir le produit au moyen de barrages, de dispositifs de dérivation ou de barrières naturelles. Utiliser une pompe de dragage ou une pompe à vide pour la récupération du produit, des liquides et des dépôts de fond pollués.

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques

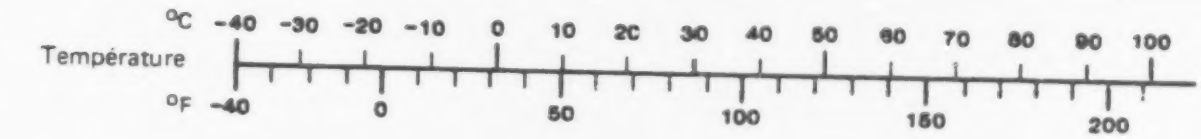
	Oxyde de calcium	Hydroxyde de calcium
Aspect	Solide de couleur blanche (Patty, 1981)	Solide cristallin incolore ou blanchâtre (Patty, 1981)
État physique (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide
Point de fusion	2580 °C (CRC, 1980)	580 °C ($-H_2O$) (CRC, 1980)
Point d'ébullition	2850 °C (CRC, 1980)	Se décompose avant d'atteindre le point d'ébullition (CRC, 1980)
Température de décomposition	–	580 °C (Domtar MSDS, 1980)
Densités		
Masse volumique	960 kg/m^3 (Domtar PDS, 1980a)	350 kg/m^3 (Domtar PDS, 1980b)
Densité relative	3,25 à 3,38 (20 °C) (CRC, 1980)	2,24 (20 °C) (CRC, 1980)
Propriétés relatives à la combustion		
Inflammabilité	Incombustible, mais à l'humidité ou au contact de l'eau peut générer assez de chaleur pour enflammer les matériaux combustibles (NFPA, 1978)	Incombustible (NFPA, 1978). Sous l'action de la chaleur, l'eau s'évapore pour former de l'oxyde de calcium (Merck, 1976)
Température de décomposition	–	580 °C (Domtar MSDS, 1980)
Produits de décomposition	–	Oxyde de calcium et eau (Domtar MSDS, 1980)
Autres propriétés		
Masse molaire de la substance pure	56,08 (CRC, 1980)	74,09 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	94,5 % de CaO 0,8 % de MgO 2,5 % de SiO_2 (Domtar PDS, 1980a)	73,7 % de CaO 0,7 % de MgO 1,5 % de SiO_2 (Domtar PDS, 1980b)
Indice de réfraction	1,838 (CRC, 1980)	1,574 (CRC, 1980)
Hygroscopicité	Absorbe le dioxyde de carbone et l'eau de l'air (Merck, 1976)	Absorbe le dioxyde de carbone de l'air (Merck, 1976)
Chaleur latente de fusion	51,2 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980) 79,5 kJ/mol (Lange's Handbook, 1979)	

Chaleur de formation	-635,1 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)	-986,2 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Capacité thermique molaire à pression constante	42,1 J/mol · °C (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)	87,5 J/mol · °C (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
pH de la solution aqueuse	12,5 (solution saturée) (Patty, 1981)	12,5 (solution saturée) (Patty, 1981)
Solubilité		
• dans l'eau	0,12 g/100 g (0 °C) (Domtar MSDS, 1981)	0,17 g/100 g (0 °C) (Domtar MSDS, 1980)
• dans d'autres produits d'usage courant	Soluble dans les acides (CRC, 1980)	Soluble dans les sels d'ammonium et dans les acides, insoluble dans l'éthanol (CRC, 1981)

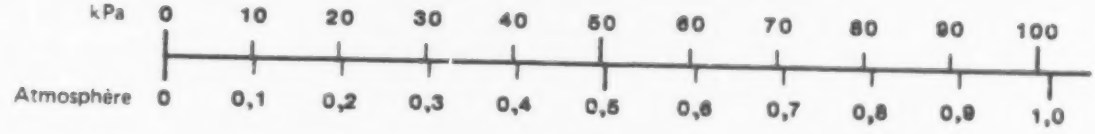
Tableau 1

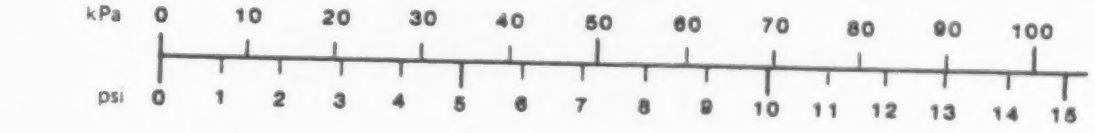
OXYDE ET HYDROXYDE DE CALCIUM

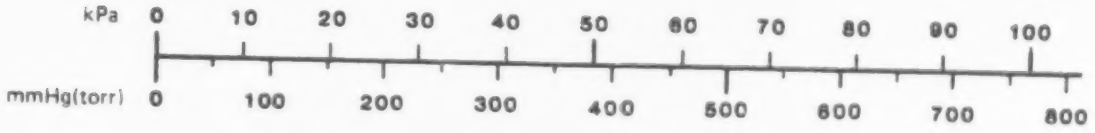
NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression 1 kPa = 1 000 Pa







Viscosité

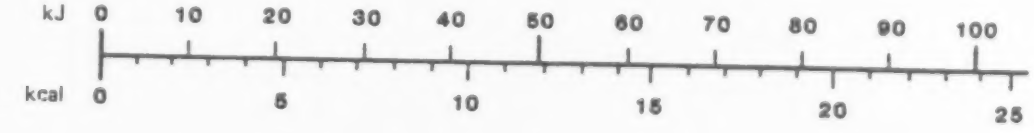
Dynamique 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

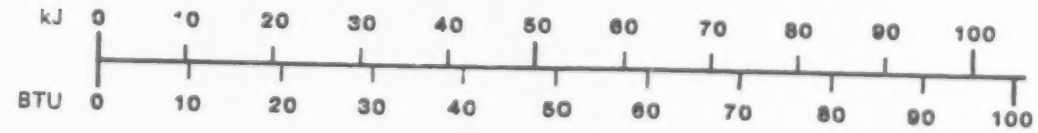
Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

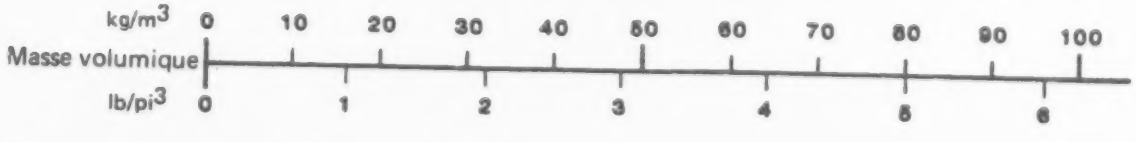
Teneur (de l'eau)

1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1 000 J







3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs des produits

3.1.1 Oxyde de calcium. – L'oxyde de calcium est vendu au Canada en qualités pour l'agriculture, l'industrie de la construction et en qualité commerciale. Cette dernière contient entre 94,5 et 96,8 p. 100 de CaO (Domtar PDS, 1980a; Steel Brothers PDS, 1981a).

3.1.2 Hydroxyde de calcium. – L'hydroxyde de calcium ou chaux hydratée se présente en fine poudre blanche, dans les qualités suivantes: commerciale (73,7 p. 100 de CaO); agricole (65 à 71 p. 100 de CaO); chimique (71 à 73 p. 100 de CaO) (Domtar PDS, 1980b; Steel Brothers PDS, 1981b).

3.2 Fabricants situés au Canada

(CCPA, 1981; CBG, 1980; Corpus 1981; Scott, 1979; CMH, 1981; Canadian Lime Institute, 1982)

Le lecteur trouvera ci-dessous des adresses de sièges sociaux. Il est à noter qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

Algoma Steel Corporation Ltd., 503 Queen Street East, Sault Ste. Marie (Ontario), P6A 5P2, (705) 495-3853
Allied Chemical Canada Ltd., 201 City Centre Drive, Mississauga (Ontario), L5B 2T4, (416) 276-9211
Beachvilime Ltd., filiale de DOFASCO, 1330 Burlington Street East, P.O. Box 460, Hamilton (Ontario), L8N 3J5, (416) 544-3761
Columbia Lime, 535 Thurlow Street, Suite 303, Vancouver (Colombie-Britannique), V6E 3L2, (604) 681-7493
Domlime Inc., Division de la chaux, 475 Place TransCanada, Longueuil (Québec), J4G 1P4, (514) 282-5400
Domtar Inc., C.P. 7212, Succ. A, 395 Boul. de Maisonneuve O., Montréal (Québec), H3C 3M3, (514) 282-5400
Guelph Dolime Ltd., filiale de DOFASCO, 1330 Burlington Street E., Hamilton (Ontario), L8N 3J5, (416) 544-3761
Havelock Processing Ltd., P.O. Box 59, Havelock (Nouveau-Brunswick), E0A 1W0, (506) 534-2311
Reiss Lime Company of Canada Limited, 4 King Street West, Toronto (Ontario), M5H 1B6, (416) 865-1991
Shawinigan Carbide Inc., 330 Transmission Avenue, Shawinigan (Québec)
Steel Brothers Canada Ltd., Lime Division, 4836 – 6 Street East, Calgary (Alberta), T2E 3Z9, (403) 276-9335
Steel Co. of Canada Ltd., P.O. Box 205, Toronto Dominion Centre, Toronto (Ontario), M5K 1J4, (416) 362-2161
Steetley Industries Ltd., Lime Division, 4836 – 6 Street East, Calgary (Alberta), T2E 3Z9, (403) 276-9335
Summit Lime Works Ltd., P.O. Box 700, Lethbridge (Alberta), T1J 3Z6, (403) 329-0743
Texada Lime Ltd., 535 Thurlow Street, Suite 303, Vancouver (Colombie-Britannique), V6E 3L2, (604) 681-7493

3.3 Principaux centres de production

Les centres de production d'oxyde et d'hydroxyde de calcium sont répartis dans six des dix provinces canadiennes. L'Ontario fournit 77,8 p. 100 de la production totale; les plus grandes usines sont situées dans la région de Woodstock-Ingersoll. On trouve aussi d'importantes installations près de Montréal (Québec), Calgary (Alberta), et Kamloops (Colombie-Britannique).

3.4 Volume de production (Corpus, 1981)

Société	Ville	Province	Capacité nominale, en kilotonnes/an (1980)
Algoma Steel	Sault Ste. Marie	Ontario*	275
Allied Chemical Canada	Amherstburg	Ontario*	135
Beachvilime	Beachville	Ontario*	450
Columbia Lime	Fort Langley	Colombie-Britannique	65
Domlime	Limebridge	Québec	125
Domtar	Joliette	Québec	350
Domtar	Beachville	Ontario	560
Guelph Dolime	Guelph	Ontario	65
Havelock Processing	Havelock	Nouveau-Brunswick	30
Reiss Lime Canada	Spragge	Ontario	145
Steel Brothers Canada	Faulkner	Manitoba	100
Steel Brothers Canada	Fort Whyte	Manitoba	90
Steel Brothers Canada	Kananaskis	Alberta	150
Steel Brothers Canada	Kamloops	Colombie-Britannique	100
Steel Co. of Canada	Ingersoll	Ontario*	225
Steetley Industries	Dundas	Ontario	125
Summit Lime Works	Hazell	Alberta	50
TOTAL			3 040
Production nationale (1980)			2 201
Importations (1980)			41
TOTAL			2 242

*Usine intégrée

3.5 Fabrication industrielle (Shreve, 1977)

3.5.1 Information générale. – On obtient l'oxyde de calcium par calcination du carbonate de calcium, et l'hydroxyde de calcium par hydratation de l'oxyde de calcium provenant de la réaction précédente.

3.5.2 Procédés de fabrication (Lime, 1980). – Les calcaires extraits de mines ou de carrières sont broyés et tamisés. La cuisson des calcaires pour la production d'oxyde de calcium s'effectue dans les fours rotatifs surtout, pouvant mesurer jusqu'à 150 m de longueur et 5 m de diamètre. La température de cuisson est de 1300 °C. L'oxyde de calcium est produit par calcination du carbonate de calcium à la suite de la réaction suivante:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

L'oxyde de calcium est refroidi et broyé aux dimensions voulues, puis hydraté pour former de l'hydroxyde de calcium selon la réaction suivante:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

L'hydroxyde de calcium est clarifié à l'aide de séparateurs pneumatiques, puis emballé.

3.6 Principales utilisations au Canada
(Domtar PDS, 1980a, b; Corpus, 1981; CMR, 1979)

L'oxyde et l'hydroxyde de calcium servent surtout à la production du fer et de l'acier. On en emploie également dans l'industrie des pâtes et papiers, dans les fonderies de métaux non ferreux, les raffineries de sucre, les usines de récupération de l'uranium, de cyanuration et de flottation, le traitement des eaux potables et usées, la fabrication de la soude Solvay, du carbure et du chlorure de calcium, pour la stabilisation des couches d'argile dans les constructions routières et la fabrication de briques et de blocs de construction.

3.7 Principaux acheteurs au Canada
(Corpus, 1981)

Abitibi-Price, Smooth Rock Falls (Ont.)
Abitibi-Price, Jonquière (Qc)
Agnew Lake Mines, Agnew Lake (Ont.)
Ahlstrom, Moncton (N.-B.)
Atlas Steels, Welland (Ont.), Tracy (Qc)
B.C. Forest Products, Mackenzie, Crofton (C.-B.)
B.C. Sugar Refining, Vancouver (C.-B.)
Bethlehem Copper, Highland Valley (C.-B.)
Boise Cascade, Ft. Frances (Ont.)
Burlington Steel, Hamilton (Ont.)
Canadian Cellulose, Prince Rupert (C.-B.)
Canadian Copper Refiners, Montréal (Qc)
Canadian Electrolytic Zinc, Valleyfield (Qc)
Canadian Forest Products, Port Mellon (C.-B.)
Canadian Gypsum, Toronto (Ont.)
Canadian Int'l Paper, LaTuque (Qc)
Canadian Steel Wheel, Montréal (Qc)
Cariboo Pulp & Paper, Quesnel (C.-B.)
Cominco, Kimberley (C.-B.)
Consolidated-Bathurst, Bathurst (N.-B.)
Consolidated-Bathurst, New Richmond (C.-B.)
Consolidated-Bathurst, Trois-Rivières (Qc)
Consumers Glass, Toronto (Ont.)
Crestbrook Industries, Skookumchuk (C.-B.)
Cyanamid Canada, Niagara Falls (Ont.)
Denison Mines, Elliot Lake (Ont.)
Dofasco, Hamilton (Ont.)
Domglas, Montréal (Qc), Bramalea (Ont.)
Domtar, Cornwall (Ont.)
Domtar, Windsor (Qc)
Domtar, East Angus (Qc)
Domtar, Red Rock (Ont.)
Donohue St. Félicien, St.-Félicien (Qc)
Eddy Forest Products, Espanola (Ont.)
Eldorado Nuclear, Beaverlodge (Sask.)
Enamel & Heating, Sackville (N.-B.)
Eurocan Pulp & Paper, Kitimat (C.-B.)
Falconbridge Nickel, Sudbury (Ont.)
Fiberglas Canada, Sarnia (Ont.)
Granby Mining, Granisle (C.-B.)
Granduc, Stewart (C.-B.)
Great Lakes Forest, Thunder Bay, Dryden (Ont.)
Griffin Steel, Transcona (Man.),
Ste-Hyacinthe (Qc)
Gulf Minerals, Rabbit Lake (Sask.)
Inco, Copper Cliff (Ont.), Thompson (Man.)
Interprovincial Pipe, Regina (Sask.)
Irving Pulp & Paper, Saint John (N.-B.)
Ivaco, l'Orignal (Ont.)
Johns-Manville Canada, Innisfail (Alb.)
Kimberly-Clark, Terrace Bay (Ont.)
Lake Ontario Steel, Whitby (Ont.)
Manitoba Forestry Resources, Le Pas (Man.)
Manitoba Rolling Mills, Selkirk (Man.)
Noranda Mines, Rouyn (Qc)
Northwood Pulp, Prince George (C.-B.)
Opemiska Copper, Chapais (Qc)
PPG Industries Canada, Toronto (Ont.)
Pilkington Glass, Toronto (Ont.)
Pine Point Mines, (T. du N.-O.)
Prince Albert Pulp, Prince Albert (Sask.)
Proctor & Gamble Cellulose, Grande Prairie (Alb.)
Rayonier Canada, Woodfiber (C.-B.)
Redpath Sugars, Chatham (Ont.)
Rio Algom Mines, Elliot Lake (Ont.)
St. Lawrence Sugar, Montréal (Qc)
St. Regis Alberta, Hinton (Alb.)
Scott Maritimes, New Glasgow (N.-É.)
Shawinigan Carbide, Shawinigan, (Qc)
Shefford Chemicals, Granby (Qc)
Sidbec-Dosco, Contrecoeur (Qc)
Similkameen Mining, Princeton (C.-B.)
Tahsis, Gold River (C.-B.)
Texasgulf Canada, Kidd Creek (Ont.)
Western Canada Steel, Vancouver (C.-B.)
Weyerhaeuser Canada, Kamloops (C.-B.)
Winfield Chemical, Woodstock (N-B.)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Conteneurs et autres récipients de transport

4.1.1 Transport en vrac. – La majeure partie de l'oxyde et de l'hydroxyde de calcium est transportée à l'état solide dans des wagons-trémies couverts ou dans des camions. Dans le commerce, la chaux éteinte se vend sous forme de poudre sèche. La chaux vive peut être traitée pour obtenir des cristaux fins (CLF, 1964). Le lait de chaux (suspensions d'hydroxyde de calcium) est rarement transporté en vrac dans des wagons-citernes et encore moins souvent dans des véhicules-citernes routiers.

4.1.1.1 Wagons. – L'oxyde et l'hydroxyde de calcium sont transportés habituellement dans des wagons-trémies couverts dont une illustration est présentée à la figure 1. Le tableau 2 donne les spécifications du wagon-trémie illustré.

4.1.2 Transport en sacs. – Le produit s'expédie également dans des sacs de papier à 2 ou 3 plis à raison de 20 kg par sac pour l'hydroxyde de calcium et de 25 kg pour l'oxyde de calcium (CLF, 1964).

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-trémies – AAR classe LO
(CLC, 1974)

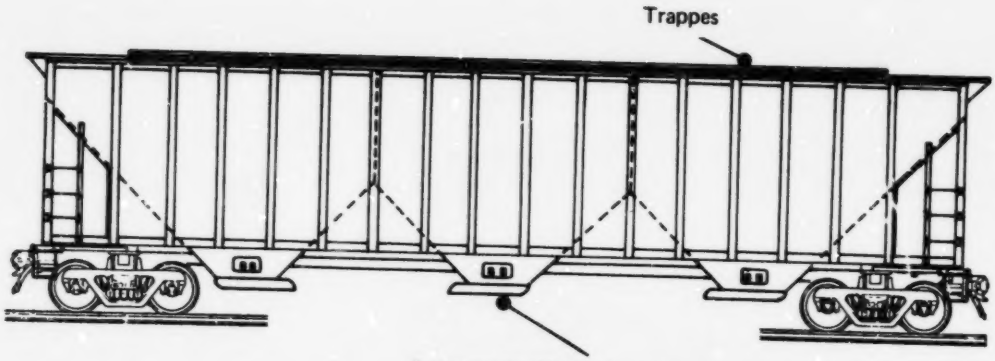
Description	Wagon-trémie de 5800 pi^3	Wagon-trémie de 4700 pi^3
Structure		
Volume utile	164 m^3 (5800 pi^3)	133 m^3 (4700 pi^3)
Charge nominale	89 000 kg (196 000 lb)	86 000 kg (190 000 lb)
Tare	45 000 kg (99 000 lb)	45 000 kg (99 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (262 000 lb)	119 000 kg (262 000 lb)
Trémies ou compartiments		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	
Longueur intérieure	410 cm (161 po)	460 cm (181 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (13 pi)	5 m (16 pi)
Angle de la pente	40-50°	40-45°
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (59 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (56 pi)
Distance entre les pivots de bogie	16 m (52 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (16 pi)	5 m (16 pi)
Hauteur de la passerelle de toit jusqu'au sommet	5 m (16 pi)	4 m (13 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (10 pi)	3,2 m (10,5 pi)
Longueur intérieure	19 m (62 pi)	17 m (56 pi)

Figure 1

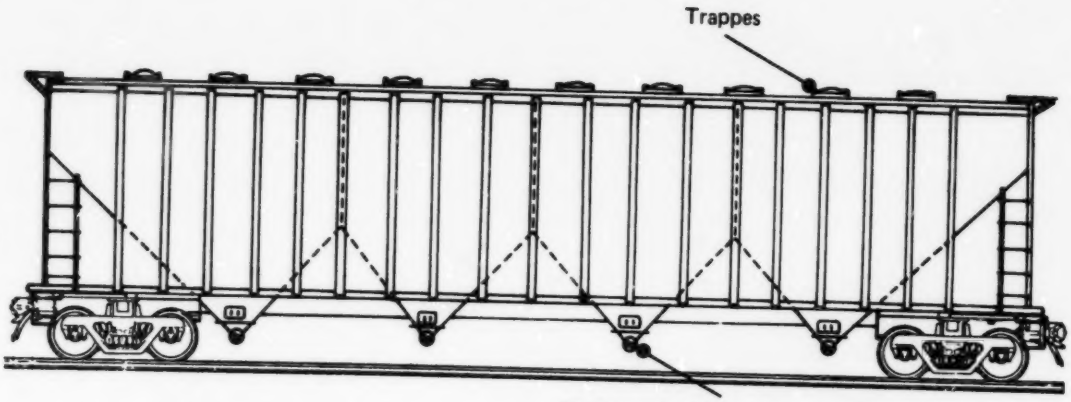
OXYDE ET HYDROXYDE
DE CALCIUM

WAGONS-TRÉMIES COUVERTS – AAR CLASSE LO

(Référence - CLC, 1974; AAR, 1983)



Wagon-trémie à cloisons typique n° 3



Wagon-trémie à cloisons typique n° 4

Dispositifs de chargement et de déchargement

Trappes de chargement: Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes de chargement rondes ou carrées de 36 à 61 cm (14-24 po) de diamètre ou de côté.

Organes de déchargement: Le déchargement se fait par le bas au moyen de registres carrés dont les côtés ont une longueur de 36 à 61 cm (14-24 po) ou de raccords de déchargement sous pression de 10 à 20 cm (4-8 po) de diamètre.

4.2 Compatibilité entre l'oxyde de calcium et l'hydroxyde de calcium et certains matériaux de fabrication

La compatibilité entre l'oxyde de calcium et l'hydroxyde de calcium et les matériaux utilisés est indiquée au tableau 3. Voici une brève définition des termes utilisés dans le présent guide pour évaluer les matériaux:

Recommandé: donne satisfaction dans l'utilisation présente;

Avec réserves: se détériore dans l'utilisation présentée; approprié dans le cas d'une utilisation intermittente ou de courte durée;

Déconseillé: se détériore rapidement dans l'utilisation présentée; ne devrait jamais être utilisé.

Tableau 3
Compatibilité entre le produit et certains matériaux

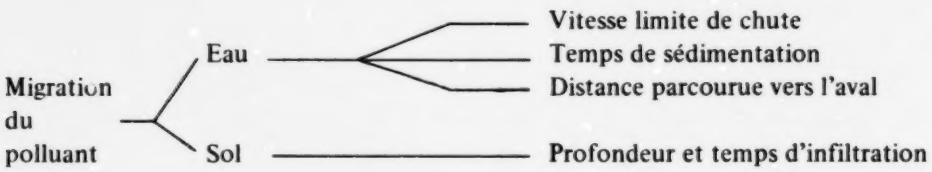
Application	Produit chimique: Teneur	Temp. (°C)	Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
1. Conduites et raccords	Hydroxyde de calcium (saturé)	121 °C	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		107 °C	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		135 °C	Fluorure de polyvinylidène (Kymar) (DCRG, 1978)		
		79 °C	Chlorure de polyvinylidène (Saran)		
	Oxyde de calcium	121 °C	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		121 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
		107 °C	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		79 °C	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG, 1978)		
2. Soupapes	Hydroxyde de calcium à 10 %	20 °C	Acier inox. 316 (JSSV, 1979)		
	10 %	Ébullition	Acier inox. 316 (JSSV, 1979)		
3. Pompes	Lait de chaux		Corps: tout en fer, parties en contact: acier inox.		
4. Stockage			Acier au carbone		
5. Autres	Toutes teneurs	20 °C	Acier inox. 316		
			Acier inox. 302		
			Acier inox. 304		
			Acier inox. 410		
			Acier inox. 430 (ASS)		
		Ébullition	Acier inox. 316 (ASS)		Acier inox. 302 Acier inox. 304 (ASS)

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

L'oxyde de calcium (chaux vive) et l'hydroxyde de calcium (chaux éteinte) sont habituellement transportés et entreposés à l'état solide. L'hydroxyde de calcium est une fine poudre blanche qui coule dans l'eau. Comme il est peu soluble dans l'eau, les risques de pollution des eaux de surface et souterraines sont mineurs. La dispersion dans l'air est également limitée.

En cas de migration du produit dans l'eau ou dans le sol, les facteurs suivants seront pris en considération:



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite de l'oxyde et de l'hydroxyde de calcium

L'oxyde et l'hydroxyde de calcium sont presque toujours transportés à l'état solide en vrac ou en sacs. Le lait de chaux n'étant que rarement transporté par wagons-citernes ou véhicules-citernes routiers, aucun nomogramme n'a été préparé pour la fuite éventuelle de lait de chaux.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Comme l'oxyde et l'hydroxyde de calcium sont des produits non volatils, ils ne présentent aucun risque notable de diffusion dans l'atmosphère. Par contre, ils peuvent être dispersés sous forme de poussières.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque l'oxyde de calcium (CaO) est déversé dans l'eau, il coule et réagit violemment au contact de celle-ci pour produire de l'hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$) avec forte réaction exothermique.

L'hydroxyde de calcium (chaux hydratée) se présente sous forme d'une fine poudre blanche qui coule au fond. Comme il n'est que très peu soluble, il y a normalement peu de risques de pollution de l'eau.

Pour déterminer l'étendue polluée du lit d'une rivière dans laquelle un solide insoluble de forte densité relative a été déversé, on a estimé à l'aide d'un modèle mathématique

(Thibodeaux, 1980), la vitesse limite de chute (V_f) des particules. La vitesse limite de chute d'une particule dépend, d'une part, de sa densité relative, de sa taille, de sa section et, d'autre part, de la densité et la viscosité de l'eau. La force qui s'oppose à la pesanteur varie selon le débit. Le modèle est présenté en détail dans le Manuel d'introduction Enviroguide .

D'après les données disponibles (Domtar PDS, 1980b), le diamètre de 96 p. 100 (en poids) des particules de poudre d'hydroxyde de calcium est inférieur à 0,3 mm et 80 p. 100 des particules mesurent moins de 0,045 mm de diamètre. Le diamètre des particules les plus petites est probablement inférieur à 0,005 mm; leur vitesse limite de chute dans l'eau est très réduite (< 0,001 cm/s) et elles ont tendance à rester en suspension indéfiniment, même en cas de faible turbulence.

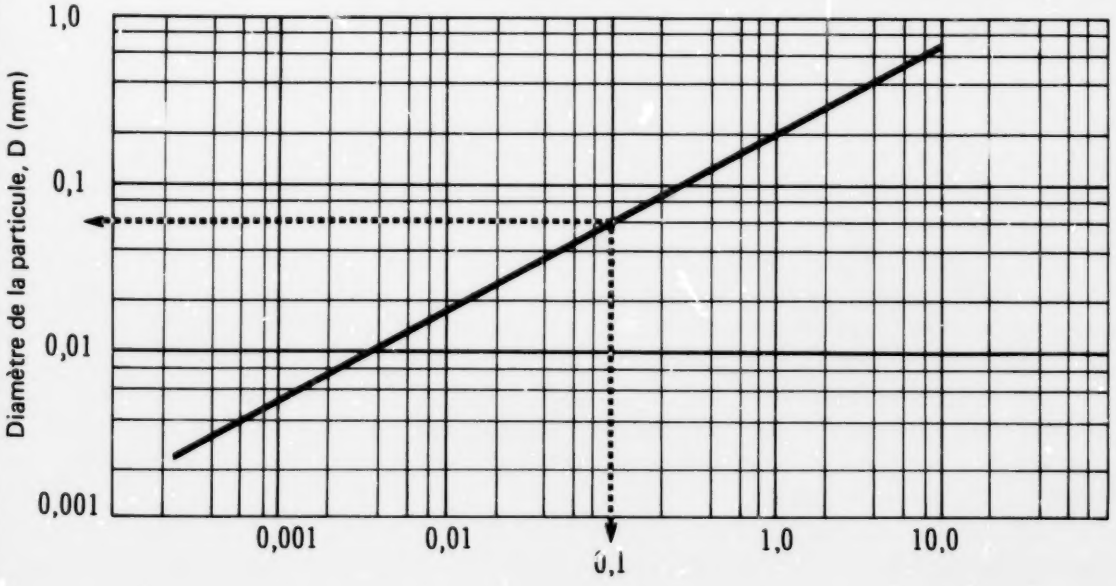
5.4.2 Nomogrammes. – Les nomogrammes présentés aux pages suivantes permettent d'évaluer l'étendue du lit d'un cours d'eau pollué en aval du lieu de déversement d'hydroxyde de calcium.

5.4.2.1 Vitesse limite de chute en fonction du diamètre de la particule. – La figure 2 permet de déterminer approximativement la vitesse limite de chute (V_f) dans l'eau d'une particule d'hydroxyde de calcium de diamètre D donné.

Figure 2

OXYDE ET HYDROXYDE DE CALCIUM

VITESSE LIMITE DE CHUTE EN FONCTION DU DIAMÈTRE DE LA PARTICULE



5.4.2.2 Temps de sédimentation en fonction de la vitesse limite de chute. – On peut estimer à l'aide de la figure 3, le temps (t) pris par une particule d'un diamètre donné pour se déposer au fond d'un cours d'eau de profondeur (h), lorsqu'elle se déplace à sa vitesse limite de chute, abstraction faite du brassage turbulent.

5.4.2.3 Distance parcourue en aval du lieu de déversement en fonction du temps de sédimentation. – À partir du temps de sédimentation obtenu à la figure 3, on peut estimer à l'aide de la figure 4 la distance (x) parcourue en aval du lieu de déversement par une particule de diamètre donné avant qu'elle n'atteigne le fond d'un cours d'eau, selon diverses vitesses moyennes de courant.

5.4.3 Exemples de calcul

DONNÉES DU PROBLÈME

Il y a eu déversement accidentel de 20 tonnes d'hydroxyde de calcium dans une rivière de 5 m de profondeur; la vitesse moyenne du courant est de 1 m/s. À quelle distance en aval du lieu de déversement une particule de 0,06 mm se déposera-t-elle au fond? Ne pas tenir compte de l'effet du brassage.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 À l'aide de la figure 2, trouver la vitesse limite de chute (V_f).
Comme D = 0,06 mm, V_f = 0,1 cm/s.

Étape 2 À l'aide de la figure 3, trouver le temps (t) qu'il faudra à une particule pour se déposer au fond de la rivière.
Comme V_f = 0,1 cm/s et h = 5 m, t = 83 mn.

Étape 3 À l'aide de la figure 4, déterminer la distance (x) parcourue par une particule de 0,06 mm en aval du lieu de déversement.
Comme t = 83 mn et la vitesse moyenne du courant (V) = 1 m/s, x = 5000 m (5 km).

5.5 Comportement dans la subsurface

5.5.1 Mécanismes. – Les principes de la migration des polluants dans le sol et leur application en ce qui a trait à la présente publication, ont été expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Nous n'aborderons ici que certains aspects particuliers qui sont à considérer advenant le déversement d'oxyde et d'hydroxyde de calcium sur le sol et leur migration dans le sol.

L'oxyde de calcium (CaO, chaux vive) et l'hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$, chaux éteinte) sont généralement transportés et entreposés à l'état solide. En cas de déversement sur le sol de ces produits solides, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec et si le nettoyage intervient avant que se produisent des précipitations atmosphériques.

Le CaO réagit avec l'eau pour produire du $Ca(OH)_2$ avec forte réaction exothermique. Le $Ca(OH)_2$ étant légèrement soluble dans l'eau (0,17 g/100 g à 0 °C), il se formera une solution polluante en présence d'eau, solution qui pourra s'infiltrer dans le sol. Si le sol de surface est saturé en eau, il y aura ruissellement.

Nous étudierons ici le cas d'un déversement de CaO ou de $Ca(OH)_2$ avec production d'une solution de $Ca(OH)_2$ (0,1 p. 100 en poids) qui peut s'infiltrer dans le sol. On suppose que les sols étudiés ont atteint leur capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le polluant au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant.

Figure 3

OXYDE ET HYDROXYDE DE CALCIUM

TEMPS DE SÉDIMENTATION EN FONCTION DE LA VITESSE LIMITE DE CHUTE

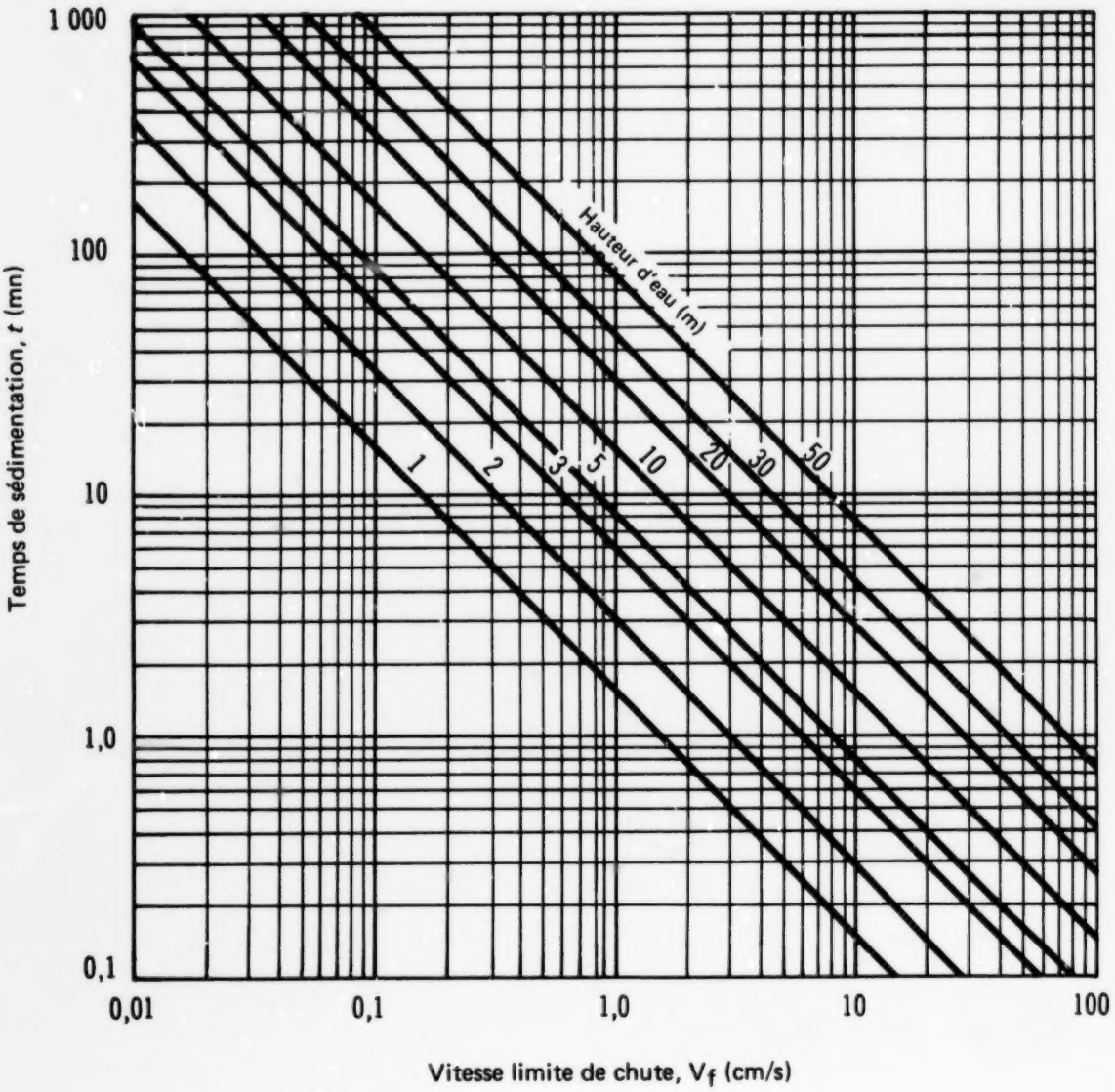
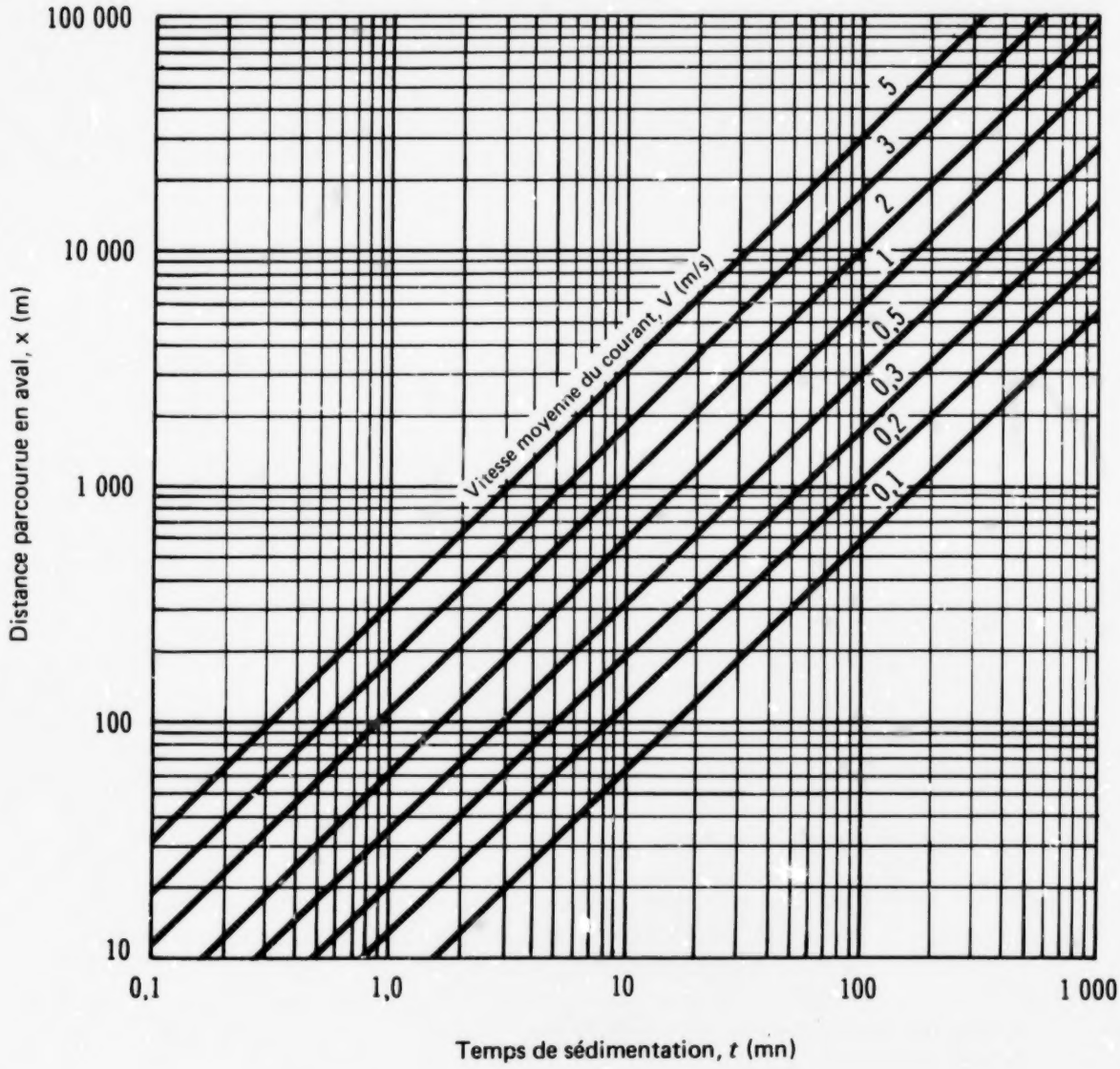


Figure 4

OXYDE ET HYDROXYDE DE CALCIUM

DISTANCE PARCOURUE EN AVAL EN FONCTION DU TEMPS DE SÉDIMENTATION



Les interactions telles que les échanges ioniques dans le sol n'ont pas été considérées. Il s'agit donc d'une situation qui correspond au «pire cas».

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de pollution au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant. (Voir la figure 5.)

5.5.2 Migration de l'hydroxyde de calcium dans la zone non saturée. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.

5.5.3 Coefficient de perméabilité de l'hydroxyde de calcium en sol saturé. – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient k de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu, en m/s. Il est donné par la formule suivante :

$$k = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa · s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les deux liquides présents sont l'hydroxyde de calcium (0,1 p. 100 en poids) et l'eau. Les données relatives à l'eau, dans le tableau ci-dessous, représentent le point extrême de dilution de l'hydroxyde de calcium.

	Hydroxyde de calcium, 0,1 %		Eau
Propriétés	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique (ρ), kg/m^3	998	1000	998
Viscosité absolue (μ), Pa · s	$1{,}01 \times 10^{-3}$	$1{,}57 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité* (k), m/s	$(0{,}98 \times 10^{7})k$	$(0{,}65 \times 10^{7})k$	$(0{,}98 \times 10^{7})k$

* À noter que le coefficient de perméabilité du sol est le même dans le cas de l'hydroxyde de calcium et de l'eau.

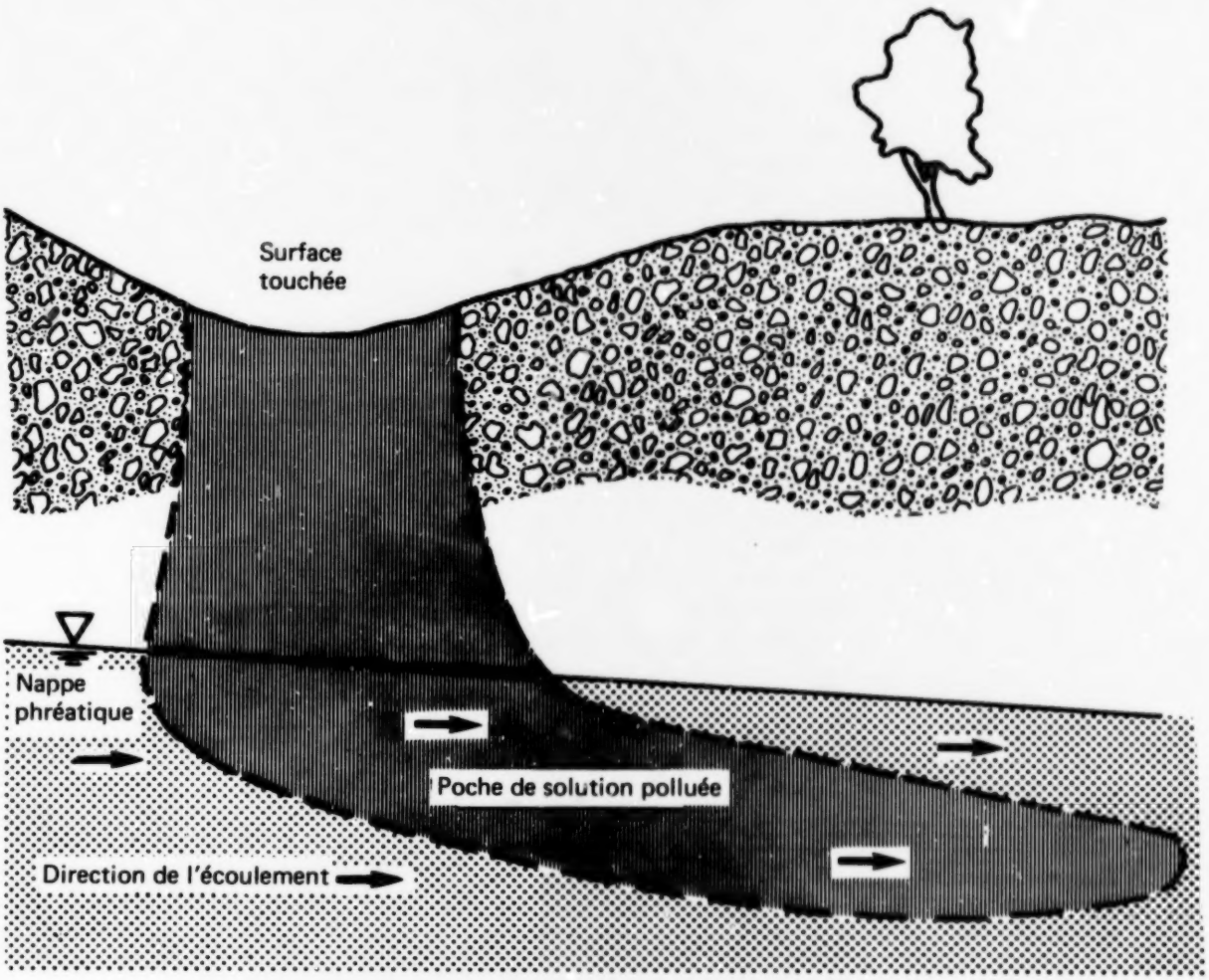
5.5.4 Types de sol. – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

	Types de sol		
Propriétés	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

Figure 5

OXYDE ET HYDROXYDE
DE CALCIUM

MIGRATION DANS LE SOUS SOL



Sol : sable grossier non saturé
Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = $10^{-9} m^2$, Capacité au champ = 0,075

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Un nomogramme de migration de l'hydroxyde de calcium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 6 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 7, 8 et 9). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes d'hydroxyde de calcium ont été déversées sur un sol constitué de sable grossier. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température s'élève à 20 °C et il commence à pleuvoir pendant le nettoyage. Calculer la profondeur atteinte par le polluant, 20 minutes après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg

Température = 20 °C

Rayon de la surface polluée = 8,6 m

Type de sol = sable grossier

Profondeur de la surface de saturation = 13 m

Temps écoulé depuis le début du déversement = 20 mn

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.

Surface = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 20 mn.

Dans le cas du sable grossier, après 20 mn, la profondeur est de 11,9 m pour une solution à 0,1 p. 100 de $Ca(OH)_2$. (Voir figure 7.)

La surface de saturation n'a pas été atteinte.

Figure 6

OXYDE ET HYDROXYDE DE CALCIUM

PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

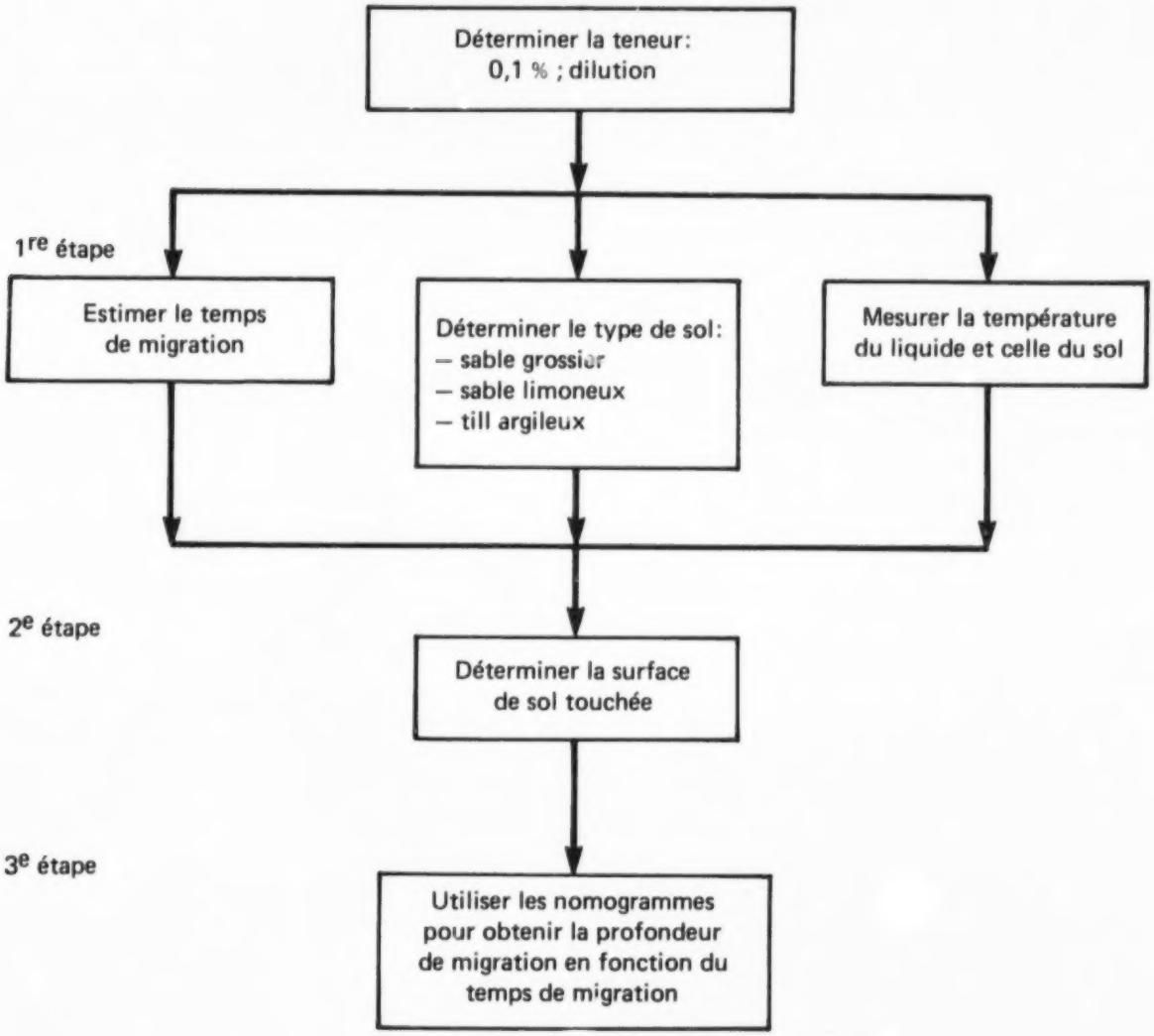


Figure 7

OXYDE ET HYDROXYDE
DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

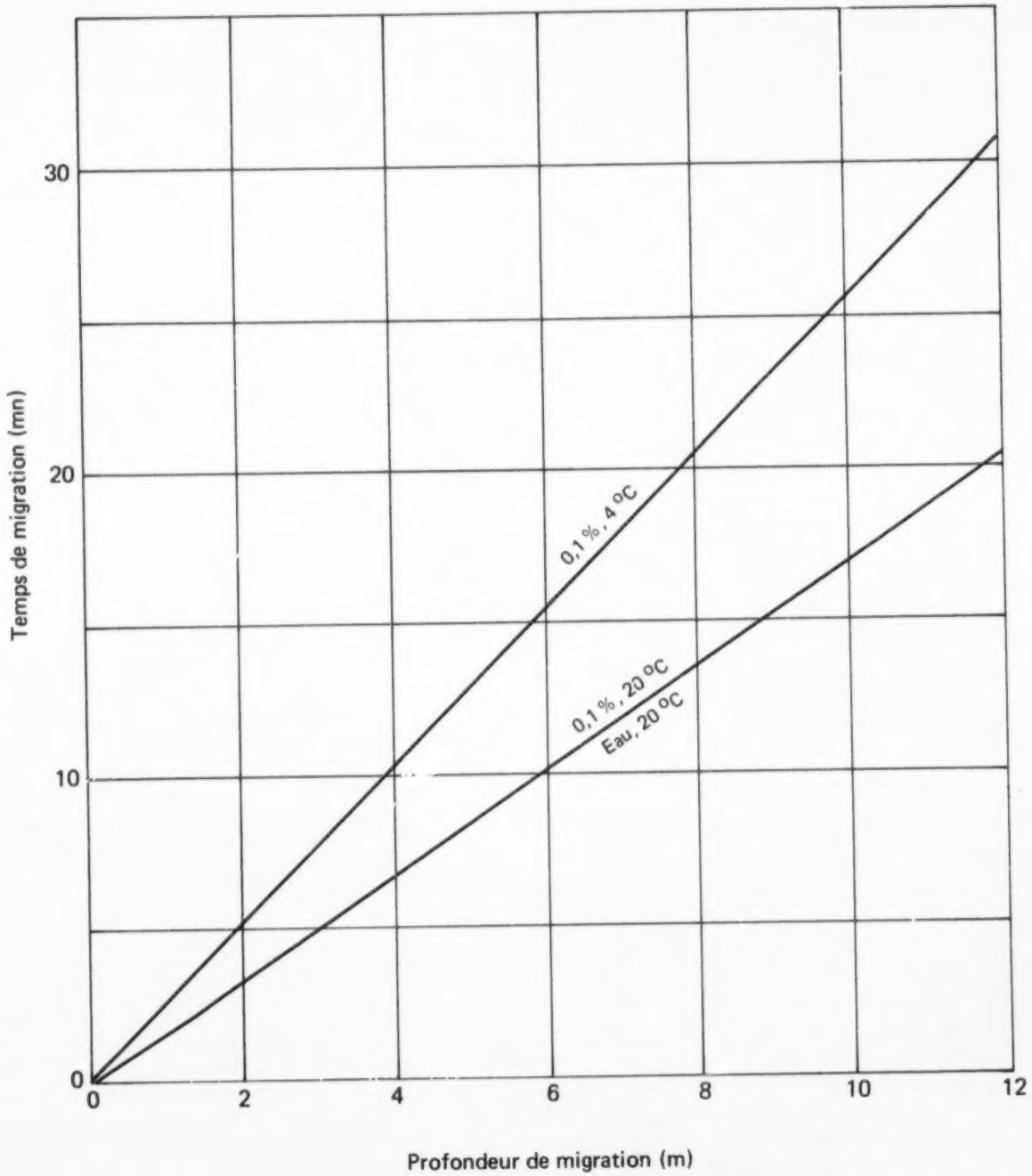


Figure 8

OXYDE ET HYDROXYDE
DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

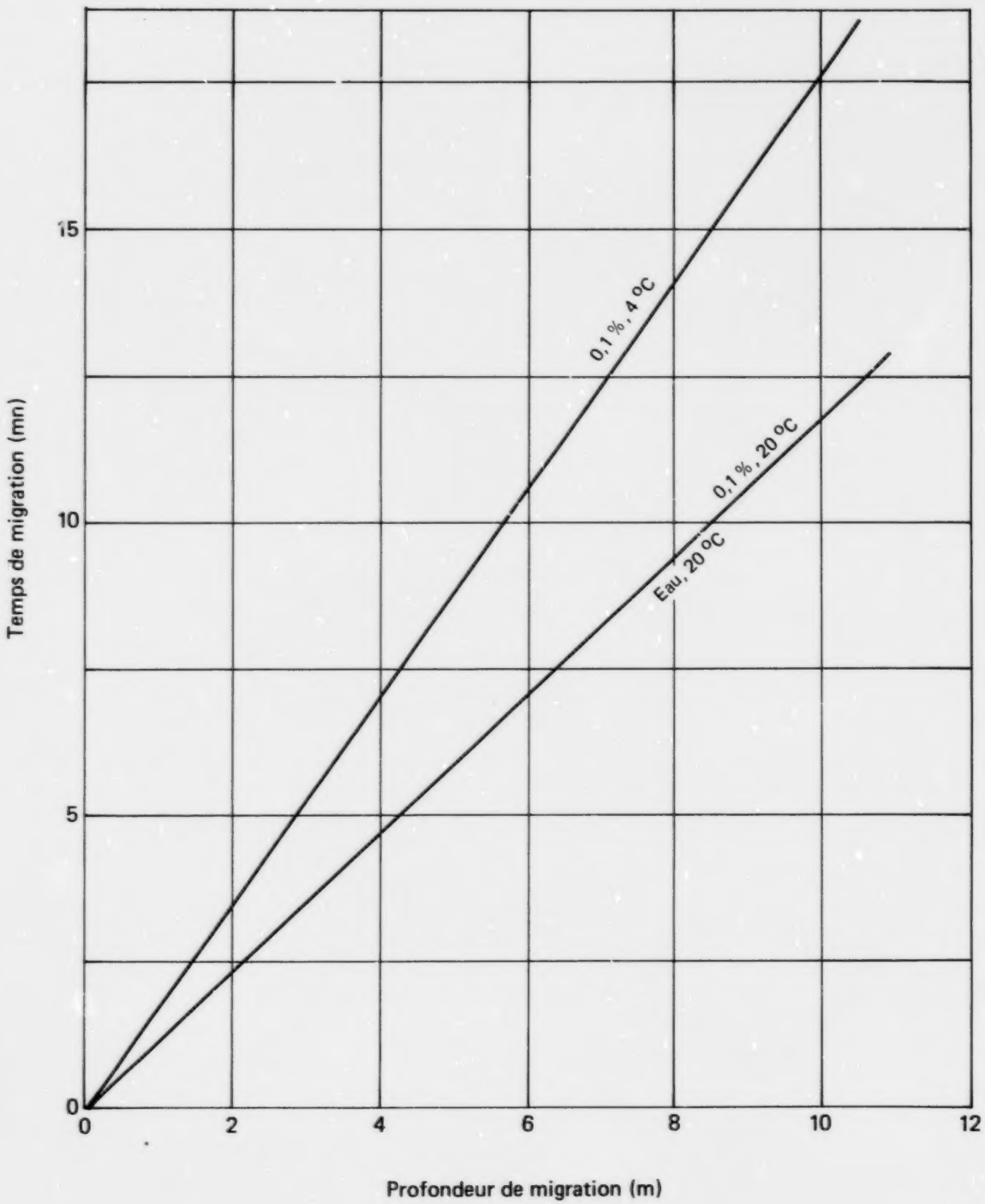
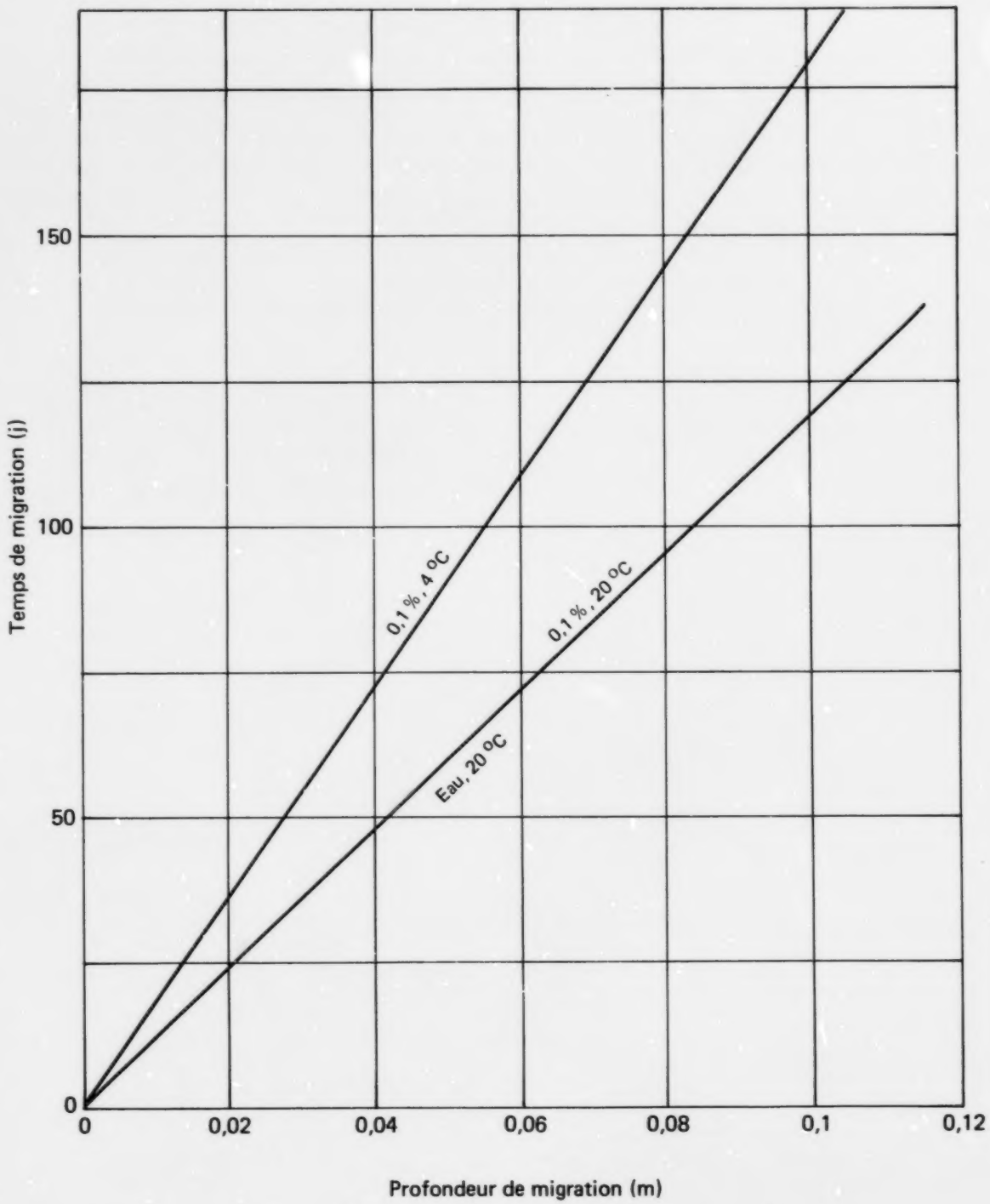


Figure 9

OXYDE ET HYDROXYDE
DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Il est à noter que les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlement, alors que dans d'autres cas elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau. – Les données de la qualité de l'eau ne sont pas disponibles. Selon les normes, le pH de l'eau potable doit se situer entre 6,5 et 8,5 (Water Management Goals, 1978). On a recommandé des teneurs limites maximales admissibles de 1000 et 500 mg/l pour l'eau donnée au bétail, cette dernière valeur correspondant à l'effet de toxicité chronique (Todd, 1970).

6.1.2 Qualité de l'air

6.1.2.1 Au Canada. – L'Ontario impose une teneur limite de 20 $\mu g/m^3$ pour l'oxyde de calcium et une teneur limite de 27 $\mu g/m^3$ pour l'hydroxyde de calcium (Ontario E.P.Act, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) à l'oxyde de calcium et à l'hydroxyde de calcium correspond à des teneurs variant entre 100 et 1000 mg/l et entre 10 et 1000 mg/l respectivement (RTECS, 1979).

6.2.2 Toxicités mesurées. – L'oxyde de calcium réagit au contact de l'eau pour former de l'hydroxyde de calcium. Par conséquent, les données suivantes s'appliquent à l'hydroxyde de calcium et à ses ions. Il est généralement admis que les effets toxiques sont dus à des variations du pH.

6.2.2.1 Toxicité en eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Références
A. – Pour les poissons					
92	0,7	Truite	Toxique		WQC, 1963
198	0,2	Truite	Toxique		WQC, 1963
500	0,3	Poisson doré	Toxique	pH non ajusté	WQC, 1963
100	de 3 à 7 jours	Achigan	Toxique	pH non ajusté	WQC, 1963
200	de 30 à 80 mn	Poisson doré, achigan	Toxique	pH non ajusté	WQC, 1963
< 100		Poisson doré	Toxique	pH de 11,1	WQC, 1963
50	7 jours ou plus	Poisson doré, achigan, crapet soleil	Ont survécu		WQC, 1963

240	24	Gambusie	TLm	Trouble, de 21 à 23 °C	Wallen, 1957
220	48	Gambusie	TLm	Trouble, de 21 à 23 °C	Wallen, 1957
160	96	Gambusie	TLm	Trouble, de 21 à 23 °C	Wallen, 1957
B. – Pour les invertébrés					
300	24	Escargots vecteurs	Tués	28 °C	WQCDB-3, 1971

6.3 Études sur les effets toxiques

La toxicité pour les espèces aquatiques dépend de l'alcalinité. L'addition de chaux dans un lac d'eau douce entraîne une augmentation de l'activité biologique présumément attribuable au fait que le produit agit alors comme un réservoir pour le dioxyde de carbone (WQC, 1963).

6.4 Dégradation

L'oxyde et l'hydroxyde de calcium ne se dégradent pas par oxydation; ils sont neutralisés par des constituants acides de l'atmosphère comprenant le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote.

6.5 Devenir et effets à long terme

L'oxyde et l'hydroxyde de calcium ne font courir aucun risque de bio-accumulation ou de bioconcentration dans les éléments de la chaîne alimentaire.

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

La documentation spécialisée donne très peu d'informations sur les effets nocifs observés chez des hommes et des animaux de laboratoire exposés à l'oxyde de calcium et à l'hydroxyde de calcium. Les quelques travaux publiés concernent surtout l'action irritante du produit solide ou en poudre. Aucune des publications consultées ne traite des effets de l'oxyde de calcium et de l'hydroxyde de calcium sur la reproduction ou de leur pouvoir mutagène ou cancérogène et peu d'informations ont été trouvées sur les effets liés à une exposition de longue durée.

L'oxyde et l'hydroxyde de calcium sont au nombre des produits listés dans l'inventaire de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), dressé conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversements.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Les normes d'exposition recommandées pour l'oxyde et l'hydroxyde de calcium tiennent compte de leur action irritante. Les directives des provinces au Canada, sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH des États-Unis, sauf indication contraire.

Directives (temps)	Origine	Teneur recommandée	Référence
	Teneur pondérée en fonction du temps (TPT)		
Hydroxyde de calcium			
TLV® (8 h)	ACGIH	5 mg/m^3	TLV, 1981
	Pays-bas	0,2 mg/m^3	ILO, 1980
Exposition (TPT)	Ontario	2,5 mg/m^3 (proposé)	OML, 1981
Oxyde de calcium			
TLV® (8 h)	ACGIH	2 mg/m^3	TLV, 1981
PEL (8 h)	OSHA	5 mg/m^3	NIOSH; OSHA, 1981
	Suède	2 mg/m^3	Doc. TLV, 1981
Exposition (TPT)	Ontario	1,5 mg/m^3 (proposé)	OML, 1981
	Limite d'exposition de courte durée (STEL)		
Hydroxyde de calcium	Aucune donnée		
	Limite d'inhalation de courte durée (STIL)		
Oxyde de calcium (30 mn)		10 mg/m^3 (suggéré)	CHRIS, 1978

	Autres effets toxiques chez l'homme		
Hydroxyde de calcium Oxyde de calcium	Aucune donnée		
IDLH	NIOSH	250 mg/m^3	NIOSH; OSHA, 1981

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
Hydroxyde de calcium	À l'état solide, brûle la peau	CHRIS, 1978
Oxyde de calcium	À l'état solide, brûle la peau	CHRIS, 1978
Poussières teneur non indiquée (6 h)	Brûlures, érythème	Calnan, 1981
Poussières teneur non indiquée (24 h)	Entraînent la formation d'une croûte sèche nécrotique brun-noir.	Calnan, 1981
Teneur non indiquée	Peuvent provoquer des brûlures ou une dermite accompagnée de desquamation et d'une éruption vésiculaire.	USDHEW, 1977

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
Hydroxyde de calcium	À l'état solide, brûle les yeux	CHRIS, 1978
Oxyde de calcium	À l'état solide, brûle les yeux	CHRIS, 1978
• CHEZ LES BOVIDÉS		
Hydroxyde de calcium	Blanchissement immédiat du stroma cornéen, plus évident chez les bovidés que chez l'homme	TDB, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
Hydroxyde de calcium		
Teneur non indiquée (1 mn)	Baisse graduelle des mucopolysaccharides dans la cornée, minimum atteint en 24 heures. Compte toujours anormal après 3 mois.	TDB, 1981
Teneur non indiquée	Blanchissement du stroma cornéen plus évident chez le lapin que chez l'homme.	TDB, 1981

7.3 Seuils de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
Hydroxyde de calcium	Inodore	CHRIS, 1978
Oxyde de calcium	Inodore	CHRIS, 1978

7.3.2 Goût

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
Hydroxyde de calcium	Légèrement amer, goût alcalin (en solutions aqueuses concentrées)	Merck, 1976
Oxyde de calcium	Aucune donnée	

7.4 Études à long terme

7.4.1 Inhalation

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
	A. Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
Hydroxyde de calcium		
Teneur non indiquée	Modérément caustique, irritant pour les voies respiratoires	Doc. TLV, 1981
Oxyde de calcium		
25 mg/m^3	Forte irritation nasale	Patty, 1981
9 à 10 mg/m^3 (mélange de poussières contenant du CaO)	Aucun signe d'irritation	Patty, 1981
	B. Durée de l'exposition non indiquée	
• CHEZ L'HOMME		
Oxyde de calcium		
Teneur non indiquée	Inflammation des voies respiratoires, ulcérations et perforation de la cloison des fosses nasales; pneumonie	Doc. TLV, 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
	A. Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
Hydroxyde de calcium	Aucune donnée	
Oxyde de calcium	Aucune donnée	
• CHEZ LE RAT		
Hydroxyde de calcium		
7340 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979
11,4 à 4,83 g/kg	DL 50 (par simple intubation orale)	Patty, 1981
Oxyde de calcium	Aucune donnée	
	B. Exposition de longue durée	
• CHEZ LE RAT		
Hydroxyde de calcium		
50 et 350 mg/ml	À 2 mois, les rats mâles qui avaient absorbé le produit dilué dans de l'eau du robinet étaient agités, agressifs et mangeaient moins. À 3 mois, ils étaient amaigris et des le taux érythrocytes, des phagocytes et de l'hémoglobine avait diminué. A l'autopsie on a observé des signes d'inflammation du petit intestin et une dystrophie de l'estomac, des reins et du foie.	
Oxyde de calcium	Aucune donnée	

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est données pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle ou particulière sont référencés.

7.5.1 Inhalation

Hydroxyde de calcium

1. Irritation du nez et de la gorge
2. Toux, éternuements
3. Larmoiements
4. Inflammation des voies respiratoires
5. Bronchite chimique (USDHEW, 1977)
6. Perforation de la cloison des fosses nasales (USDHEW, 1977)

Oxyde de calcium

1. Irritation du nez et de la gorge
2. Éternuements
3. Larmoiements
4. Brûlure des muqueuses
5. Ulcération des muqueuses buccales (USDHEW, 1977)
6. Ulcération et perforation de la cloison des fosses nasales (Doc. TLV, 1981)
7. Bronchite (NIOSH; OSHA, 1981)
8. Pneumonie (Doc. TLV, 1981)
9. Risque d'oedème pulmonaire aigu (Lefèvre, 1980)

7.5.2 Ingestion

Hydroxyde de calcium

1. Sensation immédiate d'intense brûlure dans la bouche, la gorge et l'estomac
2. Blanchissement immédiat des muqueuses buccales (joues et cavité buccale)
3. Déglutition très douloureuse
4. Oedème de la glotte (Lefèvre, 1980)
5. Forte salivation accentuant la douleur
6. Vomissements; les vomissures sont brunes et contiennent des lambeaux de la muqueuse de l'estomac (hémorragie digestive) (Lefèvre, 1980)
7. Crampes stomacales
8. Respiration rapide
9. État de choc
10. Diarrhée, les selles contiennent parfois du sang
11. Risques de perforation de l'estomac
12. Perte de connaissance

Oxyde de calcium

1. Sensation de brûlure dans la bouche, l'oesophage et l'estomac
2. Irritation de la bouche
3. Douleur à la déglutition (Lefèvre, 1980)
4. Crampes stomacales

7.5.3 Contact avec la peau

Hydroxyde de calcium

1. Irritation cutanée
2. Dermite avec desquamation et éruption vésiculaire (USDHEW, 1977)

Oxyde de calcium

1. Irritation cutanée
2. Dermite avec desquamation et éruption vésiculaire (USDHEW, 1977)
3. Ulcérations douloureuses
4. Destruction en profondeur des tissus (Lefèvre, 1980)
5. Etat de choc

7.5.4 Contact avec les yeux

Hydroxyde de calcium

1. Irritation mécanique, ensuite chimique (Lefèvre, 1980)
2. Clignement spasmodique des yeux (USDHEW, 1977)
3. Brûlures
4. Perforation de l'oeil (USDHEW, 1977)

Oxyde de calcium

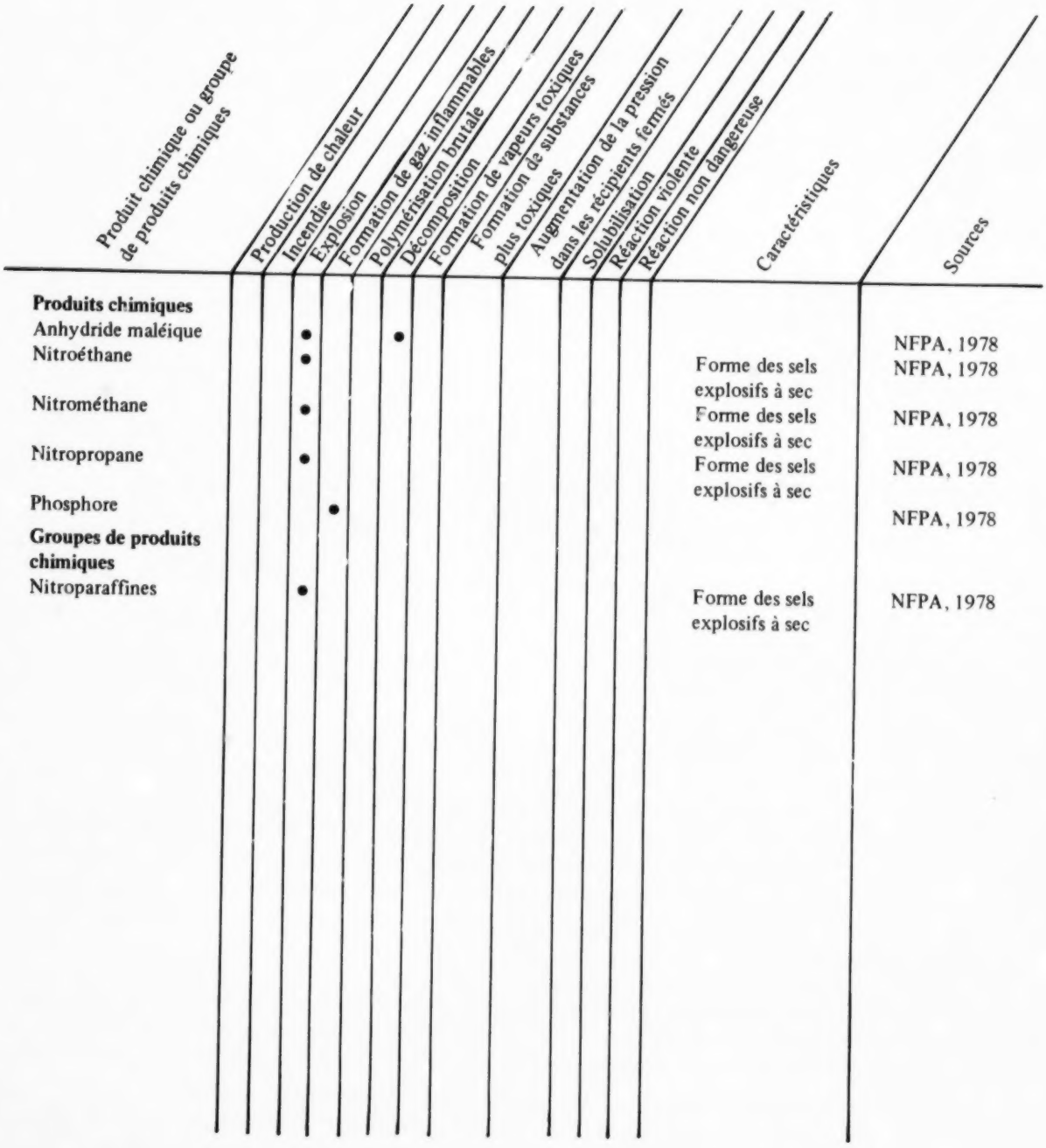
1. Irritation
2. Clignement spasmodique (USDHEW, 1977)
3. Brûlures et destruction des muqueuses (Lefèvre, 1980)
4. Ulcération de l'oeil (Lefèvre, 1980)
5. Perforation de l'oeil (USDHEW, 1977)
6. Perte de l'oeil

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre l'oxyde de calcium et divers produits chimiques

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances plus toxiques	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
En général														
Eau	•	•											Peut enflammer des combustibles	Bretherick, 1979
Produits chimiques														
Trifluorure de bore										•			Se fusionne	NFPA, 1978
Trifluorure de chlore		•								•				NFPA, 1978
Éthanol	•	•											Peut enflammer des combustibles	Bretherick, 1979
Fluor	•													NFPA, 1978
Acide fluorhydrique										•				NFPA, 1978
Pentoxyde de phosphore										•			Réagit violemment à la chaleur	Bretherick, 1979

8.2 Compatibilité entre l'hydroxyde de calcium et divers produits chimiques



Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances plus toxiques	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Produits chimiques														
Anhydride maléique		•			•									NFPA, 1978
Nitroéthane		•											Forme des sels explosifs à sec	NFPA, 1978
Nitrométhane		•											Forme des sels explosifs à sec	NFPA, 1978
Nitropropane		•											Forme des sels explosifs à sec	NFPA, 1978
Phosphore			•											NFPA, 1978
Groupes de produits chimiques														
Nitroparaffines		•											Forme des sels explosifs à sec	NFPA, 1978

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation originale a même été respectée afin d'éviter toute déformation de sens. Ce faisant, il devenait impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. D'autre part, le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – L'oxyde et l'hydroxyde de calcium sont des composés ininflammables. À l'humidité, l'oxyde de calcium se dilate en produisant de la chaleur si bien qu'il peut faire éclater des récipients. Le fluor se fixe à l'oxyde de calcium en produisant une grande quantité de chaleur et de la lumière (GE, 1978).

L'hydroxyde de calcium est une base forte incompatible avec les acides. En présence d'eau, il forme avec les nitroparaffines des sels qui deviennent explosifs lorsqu'ils sont secs. Il peut provoquer la décomposition explosive de l'anhydride maléique. Si l'on fait bouillir du phosphore élémentaire dans une solution d'hydroxyde de calcium, il s'en libérera des phosphines spontanément inflammables (GE, 1978).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Refroidir les récipients touchés par le feu en les pulvérisant d'eau pour prévenir la rupture des parois (ERG, 1980).
Petit feu: poudre sèche, CO_2, mousse, eau pulvérisée.
Grand feu: eau pulvérisée (jet diffusé, jet en brouillard) ou mousse.

Éloigner les récipients de la zone d'incendie si cela peut être fait sans danger (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversements accidentels

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun risque. Éviter tout contact avec la peau et éviter d'inhaler (GE, 1978).

9.1.3.2 Déversement sur le sol. – Si le produit déversé est sec, on peut le ramasser à la pelle et le déposer dans des récipients munis d'un couvercle avant de le récupérer ou le mettre au rebut (éviter de toucher le produit ou de le disséminer dans l'air) (GE, 1978).

Si le produit est liquide, dans la mesure du possible arrêter l'écoulement au moyen de barrages mécaniques ou chimiques et neutraliser avec du vinaigre ou de l'acide dilué (EPA, 670/2-75-042). Il est recommandé d'utiliser sur les lieux du déversement du sel de sodium ou du dioxyde de carbone (en solution diluée pour de meilleurs résultats) afin de neutraliser le produit (OHM-TADS, 1981).

9.1.3.3 Déversement dans l'eau. – Dans la mesure du possible, confiner la nappe et neutraliser le produit avec de l'acide dilué (EPA, 670/2-75-042). Les acides forts sont efficaces et leur utilisation pourrait être envisagée si le personnel d'intervention connaît bien les risques. On recommande de neutraliser le produit sur les lieux du déversement avec du sel de sodium ou du dioxyde de carbone (OHM-TADS, 1981). On peut également utiliser du charbon actif pour enlever une partie du polluant (CG-D-38-76). Si le produit déversé n'est pas en solution on peut couvrir le polluant qui a coulé au fond, d'un matériau inerte genre sulfate pour arrêter la solubilisation (CG-D-56-78).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Information générale. – Procéder au traitement de l'eau polluée comme suit enlever les matières solides en les séparant par gravité et amener à 7 le pH de l'eau décantée avec de l'acide chlorhydrique. Traiter ensuite l'eau au carbonate de sodium pour élever le pH à 9, puis filtrer sur milieu double. Neutraliser l'eau avec de l'acide sulfurique (pH: 7) avant rejet. Les eaux de rinçage provenant de l'unité de filtration doivent être retournées au séparateur par gravité. (EPA, 600/2-77-227)

9.1.5 Élimination du polluant. – Ne *jamais* rejeter de l'oxyde ou de l'hydroxyde de calcium dans les égouts ou dans des eaux de surface. Éliminer dans une décharge la boue résultant de la neutralisation effectuée sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement (OHM-TADS, 1981; GE, 1978).

9.1.6 Mesures de protection. – Avant d'entrer dans une zone où ni la matière déversée ni ses propriétés ne sont connues, il est essentiel de se munir d'un appareil respiratoire autonome et de revêtir une combinaison entièrement étanche aux agents chimiques.

Si la matière déversée est de l'oxyde ou de l'hydroxyde de calcium, il faut: a) fournir au personnel d'intervention des vêtements imperméables, des gants, et des visières d'au moins 20 cm de longueur ainsi que tout autre vêtement protecteur requis dans les endroits où il y a risque de contact de l'oxyde de calcium avec la peau (NIOSH; OSHA, 1981); b) porter des lunettes de protection étanches et résistantes à la poussière dans les endroits où celle-ci risque d'atteindre les yeux (NIOSH; OSHA, 1981); c) porter des vêtements en butyle considéré comme un excellent matériau (résistant) pour la fabrication de vêtements protecteurs contre l'oxyde de calcium (EE - 20); d) enlever immédiatement et laver les vêtements non imperméables souillés par l'oxyde de calcium avant de les réutiliser (NIOSH; OSHA, 1981); e) prévoir des postes de lavage des yeux et des douches de sécurité d'accès facile dans les lieux où des déversements peuvent se produire (GE, 1978).

Le lecteur trouvera dans le tableau qui suit une liste des éléments minimaux de protection des voies respiratoires que requiert une intervention sur les lieux d'un déversement d'oxyde et d'hydroxyde de calcium (NIOSH; OSHA, 1981).

Protection respiratoire minimale pour une teneur supérieure à 5 mg/m^3

Situation	Équipement*
Teneur en particules	
de < 25 mg/m^3	Respirateur contre les poussières et buées**
< 50 mg/m^3	Respirateur contre les poussières et buées, sauf les respirateurs jetables ou à masque ne protégeant que le quart du visage.**
	Appareil respiratoire alimenté en air.**
	Appareil respiratoire autonome.**
< 250 mg/m^3	Respirateur à masque couvre-visage muni d'un filtre à particules à haut rendement.
	Respirateur à adduction d'air avec masque couvre-visage, casque ou cagoule.
	Tout appareil respiratoire autonome et masque couvre-visage.

$\geqslant 250\ mg/m^3$ ou teneurs inconnues	Appareil respiratoire autonome à masque couvre-visage alimenté en air sous pression sur demande ou par un autre mode de pression positive. Respirateur combiné à masque couvre-visage comprenant un respirateur de type C alimenté en air sous pression sur demande ou par un autre mode de pression positive ou en écoulement continu et un appareil respiratoire auxiliaire autonome alimenté en air sous pression sur demande ou par un autre mode de pression positive.
Lutte contre un incendie	Appareil respiratoire autonome avec masque couvre-visage alimenté en air sous pression sur demande ou tout autre mode de surpression
Évacuation des lieux	Respirateur à masque couvre-visage muni d'un filtre anti-particules à haut rendement. Tout appareil respiratoire autonome permettant de fuir un endroit dangereux.

* N'utiliser que le matériel approuvé par le NIOSH ou le OSHA.

** En cas d'irritation des yeux, utiliser un appareil respiratoire à masque couvre-visage.

9.1.7 **Précautions spéciales.** – L'oxyde de calcium doit être entreposé dans des récipients hermétiques à l'abri de l'humidité, des acides et des produits organiques. Il faut protéger les récipients contre les dommages physiques, se rappeler que la chaux libère de la chaleur en réagissant avec l'eau et s'assurer que cette chaleur se libère sans danger lorsque l'on fait ce mélange délibérément. Si le produit est exposé à l'air, il réagira avec l'eau et le dioxyde de carbone atmosphérique. Prendre toutes les précautions nécessaires lors du mélange de la chaux et de l'eau et de la manutention du lait de chaux (GE, 1978).

10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

Bien que des cas de déversements de ce produit aient été signalés, nous n'avons trouvé, dans la documentation consultée, aucune mention quant aux méthodes utilisées pour le nettoyage ou les résultats obtenus.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyse d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte les publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute (ANSI).

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés. Les méthodes présentées ci-dessous pour le dosage et l'identification de l'oxyde de calcium valent aussi pour l'hydroxyde de calcium.

11.1 Dosage de l'oxyde de calcium présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique (NIOSH, 1977). – On peut doser l'oxyde de calcium par spectrophotométrie d'absorption atomique lorsqu'il est présent dans l'air à des teneurs comprises entre 2,6 et 10,16 mg/m^3 (1,13 à 4,43 ppm). Cette technique n'étant pas spécifique à l'oxyde de calcium, elle peut s'appliquer à tous les composés de calcium solubles dans les acides.

Un volume connu d'air est aspiré dans un porte-filtres à trois éléments pour membranes filtrantes en ester cellulosique, d'un diamètre de 37 mm, avec pores de 0,8 μm. On recommande de prélever un échantillon de 85 litres d'air à raison de 1,5 litre par minute.

L'échantillon est versé dans un becher, puis traité avec 5 ml d'acide nitrique concentré. On le recouvre d'un couvercle de verre et on le chauffe sur une plaque chauffante (140 °C) jusqu'à ce que l'acide se soit presque tout évaporé. *Cette opération doit se faire sous hotte.* On ajoute ensuite 2 ml d'acide nitrique concentré et 1 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100 et le becher sera à nouveau recouvert de verre. L'échantillon est chauffé jusqu'à ce que des vapeurs denses d'acide perchlorique apparaissent. Les parois du becher sont rincées avec de l'eau distillée et on laisse la solution s'évaporer pour obtenir un résidu sec. Une fois que l'échantillon est refroidi, on dissout le résidu dans 5 ml d'acide chlorhydrique dilué (5,0 p. 100, v/v) contenant 1 p. 100 de lanthane. Le mélange est intégralement transféré dans un ballon jaugé de 100 ml dans lequel on ajoute deux fois 5 ml de solution de rinçage du becher. Porter le volume à 100 ml avec de l'acide chlorhydrique dilué contenant 1 p. 100 de lanthane.

L'échantillon est ensuite pulvérisé dans une flamme air-acétylène oxydante. À l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique approprié, lire l'absorption à la longueur d'onde de 422,7 nm. La teneur en oxyde de calcium est obtenue à partir d'une courbe d'étalonnage standard.

11.2 **Identification du polluant présent dans l'air** (analyse qualitative)

Un échantillon est prélevé comme indiqué en 11.1.1. On plonge un filament de platine propre dans l'échantillon, puis le filament est placé dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse d'un bec Bunsen. La flamme deviendra rouge brique si l'échantillon contient du calcium. Ce test n'est pas spécifique pour l'oxyde de calcium (Welcher, 1955).

11.3 **Dosage de l'oxyde de calcium présent dans l'eau** (analyse quantitative)

11.3.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique (ASTM, 1979). – On peut doser le calcium soluble de toute forme présent dans l'eau à des teneurs comprises entre 0,3 et 15 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

On prélève un échantillon d'au moins 2 litres d'eau dans un contenant approprié. Si l'échantillon contient des particules, il faut le filtrer avant de l'introduire dans le spectrophotomètre d'absorption atomique. On mélange 100 ml de l'échantillon avec 25 ml d'une solution de lanthane à 5 p. 100 avant de faire l'analyse. Ce mélange est ensuite pulvérisé dans une flamme air-acétylène. Lire l'absorption au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique approprié à la longueur d'onde de 422,7 nm. La teneur en calcium est déterminée au moyen d'une courbe d'étalonnage standard.

11.4 **Identification de l'oxyde de calcium présent dans l'eau** (analyse qualitative)

Un échantillon est prélevé comme en 11.3.1. On plonge un filament de platine propre dans l'échantillon, puis le filament est placé dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse d'un bec Bunsen. La flamme deviendra rouge brique si l'échantillon contient du calcium. Ce test n'est pas spécifique pour l'oxyde de calcium (Welcher, 1955).

11.5 **Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol** (analyse quantitative)

11.5.1 Méthode colorimétrique (Hesse, 1972). – Cette méthode permet au moyen d'un échantillon de sol de 1 g de déterminer la présence de calcium jusqu'à 25 μg au maximum. Si des teneurs élevées en carbonate de calcium présent dans certains sols produisent des interférences, on devrait également déterminer les teneurs initiales (blanc).

Un échantillon de sol de 0,15 mm, pesant 1 g, séché au four, est introduit dans un becher de 250 ml dans lequel on ajoute 20 ml d'acide nitrique concentré. On couvre le becher et on le fait chauffer graduellement pour oxyder la matière organique. Dix millilitres d'acide perchlorique à 60 p. 100 sont ajoutés et on laisse digérer jusqu'à ce qu'apparaissent des vapeurs denses d'acide perchlorique. *Cette opération doit être exécutée sous hotte.* Les parois du becher sont lavées, si nécessaire, avec de l'acide perchlorique. On laisse ensuite le mélange s'évaporer jusqu'à ce que l'excès d'acide perchlorique disparaisse complètement.

Une quantité aliquote appropriée de l'extrait de sol est transférée dans un tube à essais, puis on le dilue avec 10 ml d'eau. On ajoute 10 ml de méthanol absolu et 1 ml de solution tampon. La solution tampon est préparée par solubilisation de 0,20 g de diéthyl-dithiocarbamate de sodium dans 100 ml de solution-mère tampon. Cette solution est préparée par solubilisation de 5,28 g de tetraborate de sodium dans 800 ml d'eau et 10 g d'hydroxyde de sodium. On laisse le mélange se refroidir, puis on le dilue avec de l'eau jusqu'à obtention de 1 litre. Le mélange dilué est conservé dans une bouteille de polyéthylène. Le pH de la solution tampon est ajusté

à 12 si nécessaire. On ajoute à l'échantillon 0,5 ml du réactif préparé par solubilisation de 0,150 g de glyoxal bis-(2-hydroxyanile) dans 30 ml de méthanol absolu. On laisse la couleur se développer pendant 25 minutes, effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 535 nm. La teneur en calcium est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

11.6 **Identification du polluant présent dans le sol** (analyse qualitative)

Procéder comme en 11.5.1 pour le prélèvement et la digestion acide de l'échantillon. Un filament de platine propre est plongé dans l'échantillon et on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique 6 *M*. Le filament est placé dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse d'un bec Bunsen. La flamme deviendra rouge brique si l'échantillon contient du calcium. Ce test n'est pas spécifique pour l'oxyde de calcium (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1983: Association of American Railroads, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards; Part 31, Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2576-7, D1192-70, D3370. (1979).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Calnan 1981: Farkas, J., "Caustic Ulcers from Lime Dust", Contact Dermatitis, Vol. 7, No. 1, p. 59. (January, 1981).

Canadian Lime Institute 1982: Personal Communication, G.W. Brosseau, Canadian Lime Institute. (January, 1982).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

CG-D-56-78: Hand, T.D. et al, A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-56-78. (June, 1978).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third Edition, Association of American Railroads, Mechanical Division, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1974).

CLF 1964: National Lime Association, Chemical Lime Facts, Washington, D.C. (1964).

CMH 1981: Worobec, A. (ed.), Canadian Mines Handbook 1981-82, Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario. (July, 1981).

CMR 1979: Stonehouse, D.H., "Lime", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Calcium Oxide/Calcium Hydroxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

Domtar MSDS 1980: Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Hydroxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar MSDS 1981: Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Oxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1981).

Domtar PDS 1980a: Domtar Chemicals Group, High Calcium Quicklime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar PDS 1980b: Domtar Chemicals Group, High Calcium Hydrated Lime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

DPLP 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Piping Systems, Midland, Michigan. (1972).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

GE 1978: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

ILO 1980: International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lime 1980: National Lime Institute, Lime - The Versatile Chemical, Washington, D.C. (1980) (available from the Canadian Lime Institute).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205, Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

OML 1981: Ontario Ministry of Labour, Occupational Health and Safety Division, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Workplaces, Toronto, Ontario. (15 May 1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, New York. (1977).

Steel Brothers PDS 1981a: Steel Brothers Canada Ltd., "Quicklime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Steel Brothers PDS 1981b: Steel Brothers Canada Ltd., "Hydrated Lime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Thibodeaux 1980: Thibodeaux, L.J., Spill of Soluble, High Density, Immiscible Chemicals on Water, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., CG-UOA-80-011. (August, 1980).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

Wallen 1957: Wallen, I.E., Greer, W.C., Lasater, R., "Toxicity to *Gambusia affinis* of Certain Pure Chemicals in Turbid Waters", Sewage and Industrial Wastes, Vol. 29, p. 695. (1957).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 432. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQCDB-3 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-24. (May, 1971).

12.2 Bibliographie

Association of American Railroad, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

Association of American Railroads, Mechanical Division, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third Edition, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1974).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards; Part 31, Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2376-7, D1192-70, D3370. (1979).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Canadian Lime Institute, Personal Communication, G.W. Brosseau. (January, 1982).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Calcium Oxide/Calcium Hydroxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Domtar Chemicals Group, High Calcium Quicklime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, High Calcium Hydrated Lime, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Hydroxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1980).

Domtar Chemicals Group, Material Safety Data Sheet - Calcium Oxide, Domtar Inc., Montreal, Quebec. (1981).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Piping Systems, Midland, Michigan. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic-Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-24. (May, 1971).

Farkas, J., "Caustic Ulcers from Lime Dust", Contact Dermatitis, Vol. 7, No. 1, p. 59. (January, 1981).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

Hand, T.D. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-56-78. (June, 1978).

Hesse, P.R. A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S.205, Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Lime Association, Chemical Lime Facts, Washington, D.C. (1964).

National Lime Institute, Lime - The Versatile Chemical, Washington, D.C. Available from the Canadian Lime Institute. (1980).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of Labour, Occupational Health and Safety Division, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Workplaces, Toronto, Ontario. (15 May 1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Steel Brothers Canada Ltd., "Quicklime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Steel Brothers Canada Ltd., "Hydrated Lime", Product Data Sheet, Calgary, Alberta. (1981).

Stonehouse, D.H., "Lime", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979).

Thibodeaux, L.J., Spill of Soluble, High Density, Immiscible Chemicals on Water, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., CG-D-A-80-011. (August, 1980).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Wallen, I.E., Greer, W.C., Lasater, R., "Toxicity to *Gambusia affinis* of Certain Pure Chemicals in Turbid Waters", Sewage and Industrial Wastes, Vol. 29, p. 695. (1957).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 432. (1955).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Worobec, A. (ed.), Canadian Mines Handbook 1981-82, Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario. (July, 1981).